



**TUGAS AKHIR TF 141581**

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE* (RCM) II PADA *BOILER* B-1102 DI  
PABRIK I PT. PETROKIMIA GRESIK**

**MOCHAMAD WAHYU DONO**  
**NRP 2414.106.030**

**Dosen Pembimbing :**  
**Ir. Ya'umar, M.T.**

**Departemen Teknik Fisika**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**





***FINAL PROJECT TF 141581***

***IMPLEMENTATION OF RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM) II ON BOILER B-1102  
SYSTEM IN PLANT I PT.PETROKIMIA GRESIK***

**MOCHAMAD WAHYU DONO**  
**NRP 2414.106.030**

***Advisor Lecturer :***  
**Ir. Ya'umar, M.T.**

***Department of Engineering Physics***  
***Faculty of Industrial Technology***  
***Sepuluh Nopember Institute of Technology***  
***Surabaya 2017***



## **PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mochamad Wahyu Dono

NRP : 2414106030

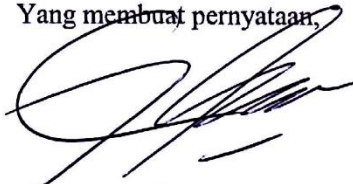
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “IMPLEMENTASI RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II PADA BOILER B-1102 DI PABRIK I PT. PETROKIMIA GRESIK” adalah bebas plagiasi, Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya 03 Juli 2017

Yang membuat pernyataan,



Mochamad Wahyu Dono

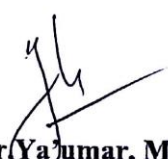
***Halaman ini sengaja dikosongkan***

**LEMBAR PENGESAHAN**

**IMPLEMENTASI RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM) II PADA BOILER B-1102 DI  
PABRIK I PT. PETROKIMA GRESIK**

**TUGAS AKHIR**  
Oleh :  
**MOCHAMAD WAHYU DONO**  
**NRP : 2414.106.030**

**Pembimbing I**

  
**Ir. Yulmar, M.T.**  
**NIP. 19540406 198103 1 003**

**Kepala Departemen  
Teknik Fisika FTI-ITS**



  
**Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.**  
**NIP. 19780902 200312 1 002**

***Halaman ini sengaja dikosongkan***



**IMPLEMENTASI RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM) II PADA BOILER B-1102 DI  
PABRIK I PT. PETROKIMA GRESIK  
TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi S-1 Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh  
**Mochamad Wahyu Dono**  
**NRP:2414 106 030**

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Ya'umar, M.T. .... (Pembimbing)
2. Dr. Bambang L. Widjiantoro, S.T, M.T. .... (Ketua Penguji)
3. Lizda Johar Mawarani, S.T, M.T. .... (Penguji I)

**SURABAYA  
JULI, 2017**

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

# **IMPLEMENTASI RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II PADA BOILER B-1102 DI PABRIK I PT. PETROKIMIA GRESIK**

**NAMA** : MOCHAMAD WAHYU DONO.  
**NRP** : 2414. 106. 030  
**JURUSAN** : TEKNIK FISIKA, FTI-ITS  
**DOSEN PEMBIMBING** : Ir. Ya'umar, M.T.

## **ABSTRAK**

Dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan implementasi *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II pada sistem *Boiler*. Sistem Boiler terdiri dari beberapa komponen pendukung yang berfungsi untuk memanaskan air sampai terbentuk air panas atau steam. Air panas atau *steam* pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keandalan sistem, menganalisa keandalan komponen sistem yang berdampak pada pemeliharaan efektif, menentukan usaha pencegahan untuk mengantisipasi terjadinya kegagalan, dan menyiapkan input untuk dimasukkan ke dalam *software* RCM *Dekstop*. Berdasarkan hasil analisis secara kuantitatif dan kualitatif dengan menggunakan metode RCM II, nilai keandalan sistem *Boiler B-1102* pada waktu 3 bulan (2160 jam) adalah 0,4133 dan jenis perawatan yang diterapkan pada sistem *Boiler* adalah *on condition monitoring* pada Transmitter *Level Transmitter*, *Flow Transmitter*, *Temperature Transmitter* dan *Pressure Transmitter* serta Perbaikan unit *Tube Economizer* dan *Tube Superheater* setiap TA (*Turn Arround*), cek *looping* dan perbaikan *Flow Valve*, *Level Valve*, *Pressure Safety Valve* setiap TA dan penggantian *Demister Pad* setiap 2 Tahun.

**Kata Kunci** : Keandalan, RCM II, *Boiler*, dan Perawatan.

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

**IMPLEMENTATION OF RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM) II ON BOILER B-1102  
SYSTEM IN PLANT I PT.PETROKIMIA GRESIK**

**NAME** : MOCHAMAD WAHYU DONO.  
**NRP** : 2414. 106. 030  
**DEPARTEMENT** : ENGINEERING PHYSICS, FTI-ITS  
**SUPERVISOR** : Ir. Ya'umar, M.T.

**ABSTRACT**

*The implementation of Reliability Centered Maintenance (RCM) II on Boiler system. Boiler System consists of several supporting components that serve to heat the water to form hot water or steam. Hot water or steam at a certain pressure is then used to drain the heat to a process. This study aims to determine the reliability of the system, analyze the reliability of system components that impact on effective maintenance, determine the prevention effort to anticipate the occurrence of failure, and prepare inputs to be incorporated into the Desktop RCM software. Based on the result of quantitative and qualitative analysis using RCM II method, the reliability value of B-1102 Boiler system at 3 months (2160 hours) is 0.4133 and the type of treatment applied to the Boiler system is on condition monitoring on Transmitter Level Transmitter, Flow Transmitter, Temperature Transmitter and Pressure Transmitter as well as Tube Economizer and Tube Superheater Repair every TA (Turn Around), check looping and repair Flow Valve, Level Valve, Pressure Safety Valve every TA and change Demister Pad every 2 Years.*

**Keywords** : Boiler System, RCM II and maintenance treatment.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Segala Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ **Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Boiler B-1102 di Pabrik I PT. Petrokimia Gresik**”.

Tugas akhir ini merupakan persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam Program S-1 Teknik Fisika FTI-ITS. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan ridho, hidayah dan anugerah yang luar biasa sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Kedua orang tua dan saudara yang selama ini memberi dukungan, baik moril maupun materil.
3. Bapak Ir. Ya'umar, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir.
4. Penguji Tugas Akhir.
5. Bapak Angga Saputra, S.T. selaku pembimbing selama pengambilan data di PT. Petrokimia Gresik.
6. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu selama kuliah.
7. Teman-teman angkatan LJ 2015 dan adik kelas Teknik Fisika yang telah membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa karya yang sempurna hanya ada pada Allah SWT. Oleh sebab itu, penulis sangat berterimakasih atas segala masukan, kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar laporan ini menjadi lebih baik dari sebelumnya. Demikian laporan ini penulis buat, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat selain bagi penulis sendiri, dan bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 03 Juli 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xxv</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN .....</b>	<b>xxvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Permasalahan .....	2
<b>BAB II TEORI PENUNJANG .....</b>	<b>5</b>
2.1 Boiler B-1102 .....	5
2.2 Keandalan (Reliability) .....	8
2.3 Ketersediaan (Availability) .....	9
2.4 Keterawatan (Maintainability) .....	9
2.5 Laju Kegagalan (Failure Rate) .....	12
2.5.1 Distribusi Normal .....	12

2.6.2 Distribusi Lognormal.....	14
2.5.3 Distribusi Weibull.....	15
2.5.4 Distribusi Eksponensial .....	18
2.6 Reliability Centered Maintenance (RCM).....	19
2.6.1 System Function and Functional Failure .....	20
2.6.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) .....	21
2.6.3 Konsekuensi Kegagalan (Failure Consequences).....	22
2.6.4 Severity Class .....	23
2.6.5 Proactive Task and Initial Interval.....	24
2.6.5 Default Action .....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>29</b>
3.1 Studi Literatur .....	30
3.2 Identifikasi Sistem .....	30
3.3 Pengolahan Data .....	30
3.3.1 Analisa Kualitatif.....	30
3.3.2 Analisa Kuantitatif.....	32
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1 Analisa Kuantitatif.....	37
4.1.1 Economizer E-11021 .....	37
4.1.2 Steam Drum D-110211.....	57
4.1.3 Superheater E-11022 .....	85
4.2 Perhitungan Reliability Sistem Boiler B-1102 .....	107
4.2.1 Perhitungan Reliability Economizer E-11021 .....	107
4.2.2 Perhitungan Reliability Steam Drum D-110211.....	108

4.2.3 Perhitungan Reliability Superheater E-11022 .....	110
4.2.4 Perhitungan Reliability Sistem Boiler B-1102 .....	111
4.3 Jadwal dan Preventive maintenance .....	112
4.4 Analisa Kualitatif .....	115
4.4.1 Economizer E-11021 .....	115
4.4.2 Steam Drum D-110211 .....	117
4.4.3 Superheater E-11022 .....	119
4.4.4 Decision worksheet system Boiler B-1102.....	121
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>125</b>
5.1 Kesimpulan.....	125
5.2 Saran.....	126
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>127</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>BIODATA</b>	

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Boiler B-1102 .....	6
Gambar 2.2 P&ID economizer E-11021 .....	7
Gambar 2.3 P&ID steam drum D-110211 .....	7
Gambar 2.4 P&ID superheater E-11022 .....	8
Gambar 2.5 Distribusi normal .....	13
Gambar 2.6 Distribusi lognormal .....	14
Gambar 2.7 Distribusi Weibull, a. Weibull Probability Density Functon, b. Weibull Reliability Function .....	16
Gambar 2.8 Distribusi Eksponensial .....	18
Gambar 2.9 Bathtub curve.....	25
Gambar 2.10 Default actions .....	26
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir	29
Gambar 3.2 Tampilan nilai TTF pada software reliasoft .....	33
Gambar 3.3 Tampilan nilai AVGOF dan LCK dalam Software reliasoft weibull ++6.....	34
Gambar 3.4 Tampilan peringkat distribusi pada software.....	35
Gambar 3.5 Tampilan parameter distribusi pada software reliasoft weibull ++6.....	36
Gambar 4.1 Diagram blok sistem economizer E-11021	37
Gambar 4.2 Laju kegagalan flow transmitter 600 .....	40
Gambar 4.3 Keandalan flow Transmitter 600 .....	40
Gambar 4.4 Keandalan flow transmitter 600 dengan PM .....	42
Gambar 4.5 Laju kegagalan pressure transmitter 600 .....	43
Gambar 4.6 Keandalan pressure transmitter 600 .....	43
Gambar 4.7 Keandalan pressure transmitter 600 dengan PM .....	45
Gambar 4.8 Laju kegagalan temperature transmitter 600 .....	46
Gambar 4.9 Keandalan temperature transmitter 600.....	46
Gambar 4.10 Keandalan TT 600 dengan PM.....	48
Gambar 4.11 Laju kegagalan flow valve 60A.....	49

Gambar 4.12 Keandalan flow valve 60A .....	49
Gambar 4.13 Keandalan flow valve 60A dengan PM .....	51
Gambar 4.14 Laju kegagalan flow valve 60B .....	52
Gambar 4.15 Keandalan flow valve 60B.....	52
Gambar 4.16 Keandalan flow valve 60B dengan PM .....	54
Gambar 4.17 Laju kegagalan economizer E-11021 .....	55
Gambar 4.18 Keandalan economizer E-11021 .....	55
Gambar 4.19 Keandalan economizer E-11021 dengan PM.....	57
Gambar 4.20 Diagram blok sistem steam drum D-110211 .....	57
Gambar 4.21 Laju kegagalan temperature transmitter 601 .....	58
Gambar 4.22 Keandalan temperature transmitter 601 .....	59
Gambar 4.23 Keandalan TT 601 dengan PM .....	60
Gambar 4.24 Laju kegagalan level transmitter 611 .....	61
Gambar 4.25 Keandalan level transmitter 611 .....	62
Gambar 4.26 Keandalan level transmitter 611 dengan PM.....	63
Gambar 4.27 Laju kegagalan pressure transmitter 610 .....	64
Gambar 4.28 Keandalan pressure transmitter 610.....	65
Gambar 4.29 Keandalan pressure transmitter 610 dengan PM ...	66
Gambar 4.30 Laju kegagalan temperature transmitter 610 .....	67
Gambar 4.31 Keandalan temperature transmitter 610.....	68
Gambar 4.32 Keandalan TT 610 dengan PM .....	69
Gambar 4.33 Laju kegagalan temperature transmitter 611 .....	70
Gambar 4.34 Keandalan temperature transmitter 611 .....	71
Gambar 4.35 Keandalan TT 611 dengan PM .....	72
Gambar 4.36 Laju kegagalan pressure safety valve 610A .....	73
Gambar 4.37 Keandalan pressure safety valve 610A.....	74
Gambar 4.38 Keandalan PSV 610A dengan PM.....	75
Gambar 4.39 Laju Kegagalan pressure safety valve 610B.....	76
Gambar 4.40 Keandalan pressure safety valve 610B .....	77
Gambar 4.41 Keandalan PSV 610B dengan PM.....	78
Gambar 4.42 Laju kegagalan level transmitter 61A-B-C.....	79
Gambar 4.43 Keandalan level transmitter 61A-B-C .....	80

Gambar 4. 44 Keandalan LT 61A-B-C dengan PM .....	81
Gambar 4.45 Laju kegagalan steam drum D-110211 .....	82
Gambar 4.46 Keandalan steam drum D-110211 .....	83
Gambar 4.47 Keandalan steam srum D-110211 dengan PM .....	84
Gambar 4.48 Diagram blok sistem superheater E-11022 .....	85
Gambar 4. 49 Laju kegagalan superheater E-11022 .....	86
Gambar 4.50 Keandalan superheater E-11022 .....	86
Gambar 4.51 Keandalan superheater E-11022 dengan PM .....	88
Gambar 4.52 Laju kegagalan temperature transmitter 613 .....	89
Gambar 4.53 Keandalan temperature transmitter 613 .....	89
Gambar 4.54 Keandalan TT 613 dengan PM .....	91
Gambar 4.55 Laju kegagalan temperature transmitter 614 .....	92
Gambar 4.56 Keandalan temperature transmitter 614 .....	92
Gambar 4.57 Keandalan TT 614 dengan PM .....	94
Gambar 4.58 Laju kegagalan temperature transmitter 615 .....	95
Gambar 4.59 Keandalan temperature transmitter 615 .....	95
Gambar 4.60 Keandalan TT 615 dengan PM .....	97
Gambar 4.61 Laju kegagalan flow transmitter 610 .....	98
Gambar 4.62 Keandalan flow transmitter 610 .....	98
Gambar 4.63 Keandalan flow transmitter 610 dengan PM .....	100
Gambar 4.64 Laju kegagalan pressure transmitter 611 .....	101
Gambar 4.65 Keandalan pressure transmitter 611 .....	101
Gambar 4.66 Keandalan pressure transmitter 611 dengan PM .....	103
Gambar 4.67 Laju kegagalan temperature transmitter 616 .....	104
Gambar 4.68 Keandalan temperature transmitter 616 .....	104
Gambar 4.69 Keandalan TT 616 dengan PM .....	106
Gambar 4.70 Reliability economizer E-11021 .....	107
Gambar 4.71 Reliability steam drum D-110211 .....	108
Gambar 4.72 Reliability superheater E-11022 .....	110
Gambar 4.73 Reliability total sistem boiler B-1102 .....	111

***Halaman ini sengaja dikosongkan***



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Deskripsi <i>System Function and Functional Failure</i> (Moubray) .....	21
Tabel 3.2 Identifikasi Komponen Sistem .....	30
Tabel 3.3 Deskripsi fungsi komponen, fungsi kegagalan dan FMEA (Moubray) .....	31
Tabel 3.4 <i>Descission worksheet</i> dari RCM II (Moubray) .....	31
Tabel 4.1 Perhitungan TTF dan TTR unit FT 600 .....	38
Tabel 4.2 Hasil keluaran software reliasoft weibull untuk unit flow transmitter 600 .....	39
Tabel 4.3 Preventive maintenance dan interval perawatan .....	113
Tabel 4.4 F dan FF Economizer E-11021 .....	115
Tabel 4.5 FM dan FE dari economizer E-11021 .....	116
Tabel 4.6 F dan FF steam drum D-110211 .....	117
Tabel 4.7 FM dan FE dari steam drum D-110211 .....	118
Tabel 4.8 F dan FF superheater E-11022 .....	119
Tabel 4.9 FM dan FE dari superheater E-11022 .....	120
Tabel 4.10 <i>Decission worksheet</i> sistem boiler B-1102 .....	122
Tabel 4.11 Recommendation action dan initial interval .....	123

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

## **DAFTAR SINGKATAN**

TTF	= Time To Failure
TTR	= Time To Repair
MTTF	= Mean Time To Failure
MTTR	= Mean Time To Repair
CFR	= Constant Failure Rate
DFR	= Decrease Failure Rate
IFR	= Increase Failure Rate
LTA	= Logic Tree Analysis
PM	= Preventive Maintenance
R(t)	= Reliability terhadap waktu
M(t)	= Maintainability terhadap waktu
A(t)	= Availability terhadap waktu
PFD	= Process Flow Diagram
P&ID	= Piping and Instrumentation Diagram

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penyediaan uap dihasilkan oleh *boiler/steam generator* (unit B-1102). Boiler sangat penting keberadaannya untuk memanaskan air sampai terbentuk air panas atau *steam*. Air panas atau *steam* pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Boiler mendapatkan pasokan panas dari *burner*. Boiler terdiri dari: sistem air umpan, sistem *steam* dan sistem bahan bakar.

Melihat fungsinya yang sangat penting Boiler dengan keandalan yang baik sangat diperlukan untuk memastikan keselamatan operasi dilapangan (Marvin Rausand, 2004). Salah satu cara untuk mempertahankan keandalan *boiler* dengan melakukan kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) secara berkala (Deepak Prabhakar, 2013). Banyaknya komponen penyusun *Boiler* seringkali menyulitkan teknisi dalam penentuan prioritas kegiatan pemeliharaan, sehingga diperlukan kinerja, manajemen pemeliharaan, serta penerapan metode pemeliharaan yang efektif dan efisien untuk mengatasi masalah tersebut (M. S Ja Sainz, 2013).

RCM (*Reliability Centered Maintenance*) merupakan metode yang digunakan untuk manajemen pemeliharaan dan penjadwalan *maintenance*. RCM digambarkan sebagai pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi tugas-tugas pemeliharaan pencegahan yang efektif dan efisien sesuai dengan *set* prosedur yang spesifik (Islam, 2010). Penggunaan RCM dapat meningkatkan *reliability* sistem, mengurangi jumlah pemeliharaan preventif dan pemeliharaan korektif terencana, dan meningkatkan keselamatan (Backlund, 2003). Pada penelitian ini perlu dilakukan metode RCM yang berguna untuk mendapatkan manajemen pemeliharaan dan juga penjadwalan *maintenance* yang efektif berdasarkan data perawatan (*Maintenance Record*) dari sistem *boiler B-1102*. Hal tersebut berguna untuk menjaga *reliability system*. *Software* reliasoft weibull++ sangat berguna untuk *memanage* RCM secara keseluruhan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan kehandalan dari sistem boiler B-1102?
2. Bagaimana menentukan tindakan yang harus dilakukan sebelum terjadi kegagalan proses pembuatan uap (steam) pada sistem boiler B-1102?
3. Bagaimana menentukan penjadwalan perawatan terhadap peralatan atau komponen yang kritis pada sistem boiler B-1102?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari Tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kehandalan dari sistem boiler B-1102.
2. Menentukan jenis tindakan yang dilakukan sebelum terjadi kegagalan proses pembuatan steam pada sistem boiler B-1102.
3. Menentukan penjadwalan perawatan terhadap peralatan atau komponen yang kritis pada sistem boiler B-1102.

## 1.4 Batasan Permasalahan

Pada pengerjaan Tugas Akhir kali ini, agar lebih fokus maka akan diambil beberapa batasan masalah yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan hanya pada bagian yang berpengaruh terhadap pendukung sistem *boiler B-1102*.
2. Penentuan interval waktu perawatan hanya pada *loop* pengendalian dan komponen utama pada pendukung sistem boiler B-1102 yaitu meliputi economizer E-11021, Steam Drum D-110211, dan superheater E-11022.
3. Data-data kegagalan dan kerusakan yang digunakan adalah selama kurun waktu 6 tahun, yaitu tahun 2010 sampai 2016
4. *Software* yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah *software reliasoft weibull++* untuk menentukan distribusi kegagalan setiap komponen.

5. Analisa kuantitatif berdasarkan *range* waktu data *maintanance* untuk komponen kritis, diagram PFD dan P&ID.
6. Analisa kualitatif berdasarkan data wawancara pada nara-sumber di perusahaan untuk mengetahui komponen penyusun, bentuk kegagalan, penyebab kegagalan dan akibat yang akan ditimbulkan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



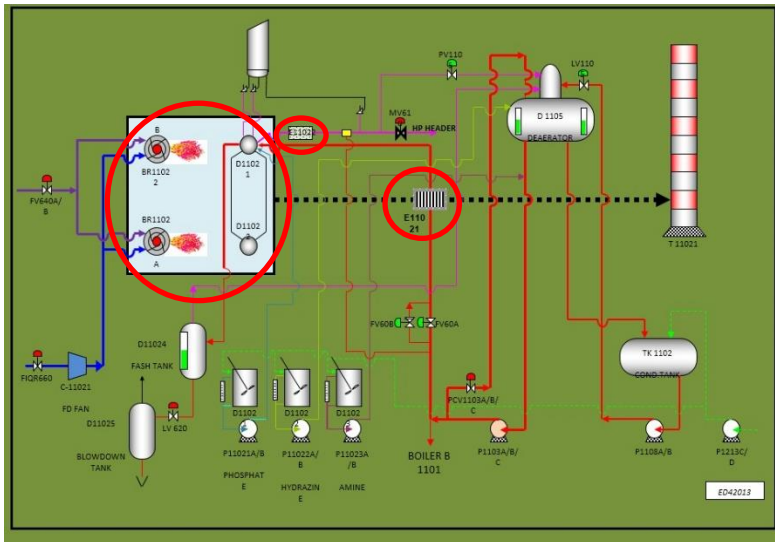
## **BAB II**

### **TEORI PENUNJANG**

#### **2.1 Boiler B-1102**

Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau *steam* pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Pada B1102, udara dari *forced draft fan* yang dihisap dari udara luar dipanaskan terlebih dahulu dalam pemanas udara (*air preheater*), kemudian udara dipanaskan kembali sehingga dapat digunakan untuk udara pembakaran dalam *boiler*.

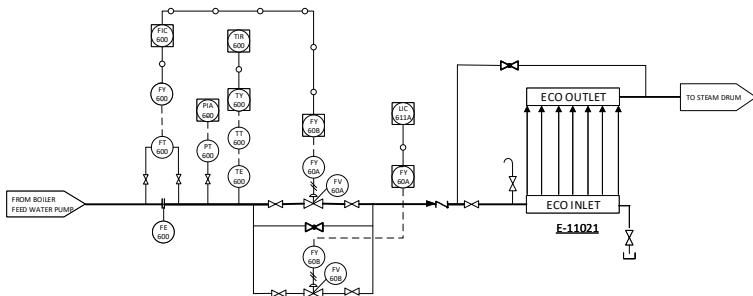
Gas panas hasil pembakaran dipakai untuk memanasi pipa air (*tube wall*) dan *superheater* (uap pemanas lanjut) dalam ruang *furnace*. Sebelum gas panas terbangun ke cerobong, panasnya diserap untuk memanasi udara pembakaran. *Steam produk boiler* dihasilkan dari gas panas yang memanasi *water tube* (pipa air). Pipa air ini saling berhubungan dengan *upper drum* dan *lower drum*. Adanya perbedaan densitas air oleh pemanasan air dalam *tube wall* sehingga sirkulasi dan menghasilkan *steam* jenuh tekanan 43,7 kg/cm<sup>2</sup> temperatur 263°C. Agar *steam* menjadi kering, *steam* dilewatkan ke *superheater* sehingga temperatur *steam* menjadi 472°C tekanan 43,7 kg/cm<sup>2</sup>. *Steam* tekanan 43,7 kg/cm<sup>2</sup> dengan temperatur 472°C selanjutnya dilewatkan ke desuperheater. Temperatur *steam* turun menjadi 394°C setelah melalui desuperheater. Temperatur *steam* diturunkan untuk memenuhi spesifikasi *steam* pada unit amoniak. *Steam* didistribusikan melalui HP header. *Steam* tekanan tinggi /HPS (*high pressure steam*) digunakan untuk penggerak turbin *syn gas compressor* (103 J) dan *process air compressor* (101 J). HPS sebagian diturunkan tekanannya menjadi 35 kg/cm<sup>2</sup> (MPS/ *medium pressure steam*), *steam* ini digunakan sebagai penggerak turbin *feed gas compressor* (102 J) dan *ammonia refrigeran compressor* (105 J), untuk *steam* proses (101 B). MPS sebagian diturunkan kembali tekanannya menjadi 3,5 kg/cm<sup>2</sup>, *steam* ini untuk kebutuhan *refrigeran compressor turbine* (105 JT), deaerator (101 U), dan *steam ejector*.



**Gambar 2.1 Boiler B-1102**

- ***Economizer E-11021***

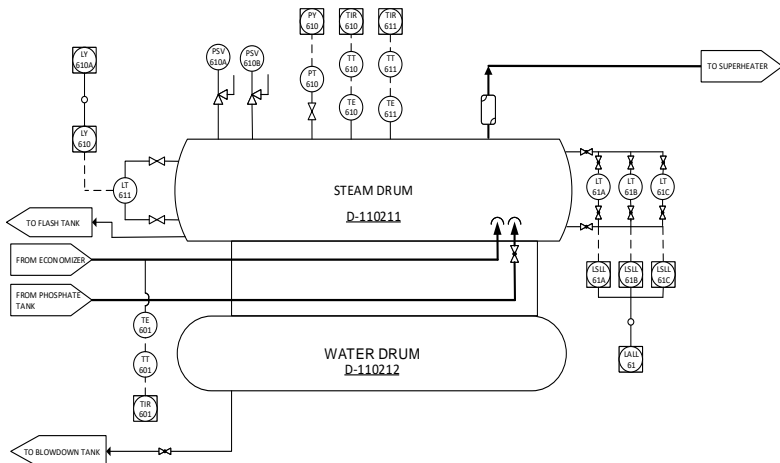
*Economizer E-11021* berfungsi untuk memanaskan air pengisi boiler dengan memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran di dalam boiler. Dengan meningkatnya temperatur air pengisi boiler maka efisiensi boiler juga akan meningkat. Gas sisa dari pembakaran bahan bakar di dalam boiler masih mempunyai temperatur yang cukup tinggi. Dengan melewati gas sisa pembakaran melalui pipa-pipa economizer maka akan terjadi transfer panas yang akan diserap oleh pipa-pipa economizer dan panas tersebut diteruskan kedalam air pengisi boiler yang terdapat dalam pipa economizer. (Petrokimia, 2012)



**Gambar 2.2 P&ID economizer E-11021**

- **Steam Drum D-110211**

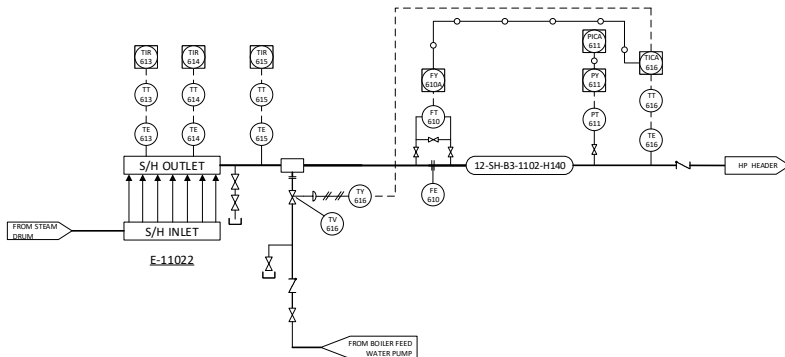
*Steam Drum* berfungsi sebagai tempat penampungan air panas serta tempat terbentuknya uap. Drum ini menampung uap jenuh (saturated steam) beserta air dengan perbandingan antara 50 % air dan 50% uap. Untuk menghindari agar air tidak terbawa oleh uap, maka dipasang sekat-sekat, air yang memiliki suhu rendah akan turun kebawah dan air yang bersuhu tinggi akan naik ke atas dan kemudian menguap. (Petrokimia, 2012)



**Gambar 2.3 P&ID steam drum D-110211**

- **Superheater E-11022**

*Superheater E-11022* merupakan tempat pengeringan steam, dikarenakan uap yang berasal dari steam drum D-110211 masih dalam keadaan basah sehingga belum dapat digunakan. Proses pemanasan lanjutan menggunakan superheater pipe yang dipanaskan dengan suhu 260°C sampai 350°C. Dengan suhu tersebut uap akan menjadi kering dan dapat digunakan untuk proses selanjutnya. (Petrokimia, 2012)



**Gambar 2.4** P&ID *superheater E-11022*

## 2.2 Keandalan (*Reliability*)

Pentingnya keberhasilan proses produksi pada dunia industri tidak lepas dari aspek Keandalan komponen atau sistem untuk tidak mengalami suatu kegagalan dalam jangka waktu tertentu.

Definisi Keandalan (*reliability*) adalah probabilitas sistem akan memiliki kinerja sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan dalam periode tertentu (Ebeling, 1997). Sedangkan definisi lain dari keandalan (*reliability*) adalah probabilitas suatu sistem akan berfungsi secara normal ketika digunakan untuk periode waktu yang diinginkan dalam kondisi operasi spesifik. (Dhillon, 1997)

Evaluasi Keandalan suatu sistem mempunyai dua metode secara umum yang biasa digunakan yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif (Ebeling, 1997). Metode kuantitatif didapatkan dari data maintenance terhadap waktu *kegagalan (time to failure)*

dan waktu perbaikan (*time to repair*) dari setiap komponen, sehingga dapat dikatakan sebagai metode matematis.

Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung suatu Keandalan :

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_0^{\infty} f(t)dt \quad (2.1)$$

Dimana :

$F(t)$  adalah *Cumulative Distribution Function* (CDF)

$R(t)$  adalah *Reliability Function*

$f(t)$  adalah *Probability Density Function* (PDF)

### 2.3 Ketersediaan (*Availability*)

*Availability* adalah kemungkinan sebuah komponen untuk menjalankan fungsinya (dengan berbagai aspek Keandalan, kemampurawatan, dukungan perawatan). *Availability* juga dapat diartikan sebagai ketersediaan suatu komponen dalam kurun waktu tertentu. *Availability* yang berubah terhadap waktu dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini : (Ebeling, 1997)

$$A(t) = \left[ \left( \frac{\mu}{\lambda + \mu} \right) + \left( \left( \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right) \exp(-(\lambda + \mu)t) \right) \right] \quad (2.2)$$

Dimana :

$\lambda$  = *failure rate* dari waktu antar kegagalan

$\mu$  =  $1/\text{MTTR}$

### 2.4 Keterawatan (*Maintainability*)

*Maintainability* merupakan kemampuan suatu komponen yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu, sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan. *Maintainability* mempunyai rumus yang berbeda-beda pada setiap distribusi datanya (Ebeling, 1997). Nilai *maintainability* dapat ditulis seperti persamaan berikut ini :

- a. *Maintainability* normal

$$M(t) = \varphi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2.3)$$

Dengan :

$t$  = waktu (*variabel*)

$\mu$  = rata-rata

$\sigma$  = simpangan baku

- b. *Maintainability* lognormal

$$M(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(t-\mu)}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.4)$$

Dengan :

$t$  = waktu (*variabel*)

$\mu$  = rata-rata, dan

$\sigma$  = simpangan baku

- c. *Maintainability* weibull

- Dua parameter :

$$M(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right] \quad (2.5)$$

- Tiga parameter :

$$M(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\theta}\right)^\beta\right] \quad (2.6)$$

Dengan :

$t$  = waktu (*variabel*)

$\beta$  = bentuk parameter (*shape parameter*)

$\eta$  = parameter skala (*scale parameter*)

$\gamma$  = parameter lokasi (*location parameter*)

d. *Maintainability* eksponensial

$$M(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{MTTR}\right)} \quad (2.7)$$

Dengan :

t = waktu (variabel)

MTTR = *Mean Time To Repair*

Untuk persamaan waktu rata-rata perbaikan (MTTR) untuk beberapa distribusi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

e. Distribusi normal :

$$MTTR = \mu \quad (2.8)$$

f. Distribusi lognormal:

$$MTTR = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2.9)$$

g. Distribusi weibull:

- Dua parameter :

$$MTTR = \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (2.10)$$

- Tiga parameter :

$$MTTR = t_0 + \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (2.11)$$

h. Distribusi eksponensial :

$$MTTR = \gamma + \frac{1}{\lambda} \quad (2.12)$$

Dengan :

$t$  = waktu (variabel)

MTTR = *Mean Time To Repair*

## 2.5 Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

Laju kegagalan atau biasa yang disebut dengan *Failure Rate* merupakan banyaknya terjadi kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi dalam selang waktu tertentu dengan total waktu operasi suatu komponen ataupun sistem. Laju kegagalan dapat dihitung dengan persamaan 2.13 dan 2.14 di bawah ini : (Ebeling, 1997)

$$\lambda = \frac{f}{T} \quad (2.13)$$

$$\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.14)$$

Dimana:

$f$  = banyaknya kegagalan selama jangka waktu operasi

$T$  = total waktu operasi

$\lambda(t)$  = laju kegagalan

Berikut merupakan penjelasan mengenai distribusi laju kegagalan yang memiliki empat jenis distribusi.

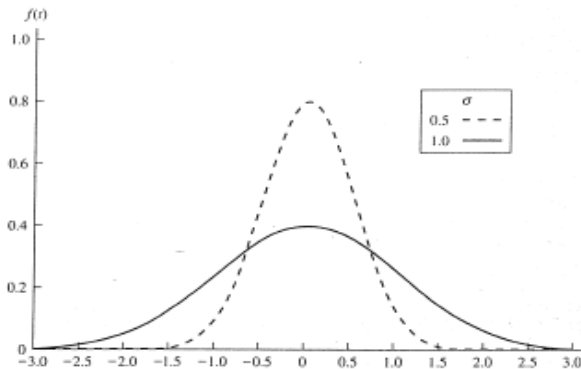
### 2.5.1 Distribusi Normal

Distribusi normal atau juga disebut distribusi gaussian adalah distribusi yang paling sering digunakan untuk menjelaskan tentang penyebaran data. *Probability Density Function* (PDF) dari distribusi normal adalah simetris terhadap nilai rata-rata (*mean*). Dispersi terhadap nilai rata-rata distribusi normal diukur berdasarkan nilai standar deviasi ( $\sigma$ ). Dengan kata lain parameter



distribusi normal adalah *mean* dan standar deviasi ( $\sigma$ ). *Probability Density Function* (PDF) dari distribusi normal dapat dinyatakan dengan persamaan 2.15 di bawah ini : (Ebeling, 1997)

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.15)$$



**Gambar 2.5** Distribusi normal

Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu sistem mengikuti distribusi normal, maka :

- a. Fungsi Keandalan distribusi normal adalah :

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2.16)$$

- b. Laju kegagalan distribusi normal adalah :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)} \quad (2.17)$$

c. Waktu rata-rata kegagalan distribusi normal adalah :

$$\text{MTTF} = \mu \quad (2.18)$$

Dimana :

$t$  = waktu (variabel)

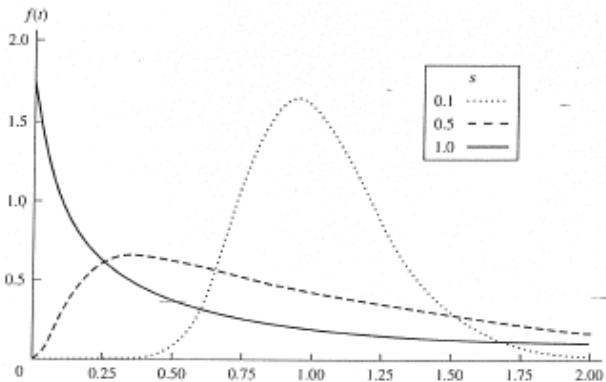
$\mu$  = rata-rata data

$\sigma$  = simpangan baku

### 2.6.2 Distribusi Lognormal

Pada saat variabel acak  $T$  (waktu kegagalan) mempunyai distribusi lognormal, logaritma  $T$  memiliki distribusi normal. Fungsi kerapatan peluang untuk distribusi lognormal ditunjukkan pada persamaan 2.19 di bawah ini : (Ebeling, 1997)

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.19)$$



**Gambar 2.6** Distribusi lognormal

Karakteristik distribusi lognormal memiliki dua parameter, diantaranya yaitu parameter lokasi ( $\mu$ ) dan parameter skala ( $\sigma$ ), sama dengan standar deviasi. Jika distribusi waktu antar kegagalan mengikuti distribusi lognormal, maka : (Ebeling, 1997).

a. Fungsi Keandalan distribusi lognormal adalah :

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2 \right] dt \quad (2.20)$$

b. Laju kegagalan distribusi lognormal adalah :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.21)$$

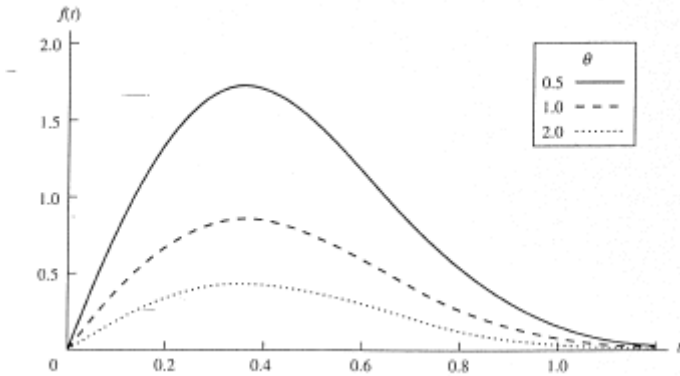
c. Waktu rata-rata kegagalan distribusi lognormal adalah :

$$MTTF = \exp \left( \mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \quad (2.22)$$

### 2.5.3 Distribusi Weibull

Selain distribusi normal, distribusi *weibull* juga paling sering digunakan dalam Keandalan. Model *bathub curve* merupakan dasar untuk melakukan perhitungan Keandalan suatu komponen atau sistem. Penambahan parameter di dalam distribusi *weibull* dapat mempresentasikan banyaknya *probability density function* (PDF), sehingga distribusi ini dapat digunakan untuk variasi data yang luas. Berikut merupakan fungsi dari parameter distribusi *weibull* :

- $\eta$ , sebagai parameter skala (*scale parameter*),  $\eta > 0$ , disebut sebagai *characteristic life*.
- $\beta$ , sebagai parameter bentuk (*shape parameter*),  $\beta > 0$ , mendeskripsikan bentuk dari PDF (*Probability Density Function PDF*).
- $\gamma$ , sebagai parameter lokasi (*locations parameter*), yaitu merepresentasikan *failure-free* atau awal periode dari penggunaan alat. Jika  $\gamma = 0$  maka distribusi akan berubah menjadi dua parameter.



**Gambar 2.7** Distribusi Weibull, a. Weibull Probability Density Functon, b. Weibull Reliability Function

Karakteristik distribusi *weibull* memiliki beberapa parameter pada distribusinya, yaitu dua parameter  $(\eta, \beta)$  dan tiga parameter  $(\eta, \beta, \gamma)$  : (Ebeling, 1997)

- Distribusi dua parameter

PDF dari distribusi weibull yaitu :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[ \left( \frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \right] \exp \left[ - \left( \frac{t}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.23)$$

- a. Laju kegagalan distribusi *weibull* adalah :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[ \frac{t}{\eta} \right]^{\beta-1} \quad (2.24)$$

- b. Fungsi Keandalan distribusi *weibull* adalah :

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right\} \quad (2.25)$$

- c. Waktu rata-rata kegagalan distribusi *weibull* adalah :

$$MTTF = \eta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.26)$$

- Distribusi tiga parameter PDF dari distribusi *weibull* yaitu :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[ \left( \frac{t-t_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \right] \exp \left[ - \left( \frac{t-t_0}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.27)$$

- a. Laju kegagalan distribusi *weibull* adalah :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[ \frac{t-t_0}{\eta} \right]^{\beta-1} \quad (2.28)$$

- b. Fungsi Keandalan distribusi *weibull* adalah :

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{t-t_0}{\eta} \right)^{\beta} \right\} \quad (2.29)$$

- c. Waktu rata-rata kegagalan distribusi *weibull* adalah :

$$MTTF = t_0 + \eta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.30)$$

Dengan :

$t$  = waktu (variabel)

$\beta$  = bentuk parameter (*shape parameter*)

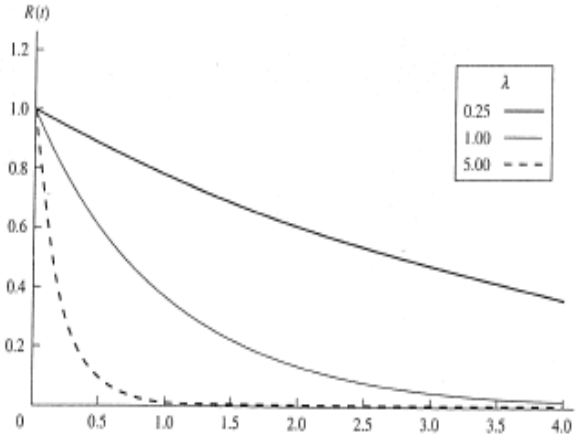
$\eta$  = parameter skala (*scale parameter*)

$\gamma$  = parameter lokasi (*location parameter*)

### 2.5.4 Distribusi Eksponensial

*Probability Density Function* (PDF) distribusi eksponensial ditunjukkan pada persamaan 2.31 berikut : (Ebeling, 1997).

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\gamma)}, t > 0, \lambda > 0, t \geq \gamma \quad (2.31)$$



**Gambar 2.8** Distribusi Eksponensial

Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu sistem mengikuti distribusi eksponensial, maka : (Ebeling, 1997)

- a. Fungsi Keandalan distribusi eksponensial adalah :

$$R(t) = e^{-\lambda(t\gamma)} \quad (2.32)$$

- b. Laju kegagalan distribusi *eksponensial* adalah :

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.33)$$

- c. Waktu rata-rata kegagalan distribusi eksponensial adalah :

$$MTTF = \gamma + \frac{1}{\lambda} \quad (2.34)$$

Dengan :

$t$  = waktu (variabel)

MTTR = *Mean Time To Repair*

## **2.6 Reliability Centered Maintenance (RCM)**

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah proses yang digunakan untuk menentukan langkah apa yang harus dilakukan untuk menjamin suatu *asset* fisik. Harapannya agar *asset* tersebut dapat berjalan dengan baik dan terus memenuhi fungsi yang diharapkan oleh penggunaanya. Metode RCM digunakan untuk menganalisa fungsi komponen, jenis kerusakan yang terjadi, efek yang ditimbulkan akibat kerusakan, serta tindakan yang harus diberikan untuk mengantisipasi jenis kerusakan pada komponen kritis.

Pada dasarnya penelitian RCM merupakan usaha untuk menjawab tujuh pertanyaan utama yang berkaitan dengan *asset* atau peralatan yang sedang diteliti. Ketujuh pertanyaan utama tersebut antara lain adalah : (Moubray, 2000)

- a. Apakah fungsi dan hubungan performansi standar dari *asset* dalam konteks operasional pada saat ini (*system functions*)?
- b. Bagaimana *asset* tersebut rusak dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*)?
- c. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi *asset* tersebut (*failure modes*)?
- d. Apa yang terjadi pada saat terjadi kerusakan (*failure effect*)?
- e. Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut dapat terjadi (*failure consequences*)?
- f. Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah masing-masing kerusakan tersebut (*proactive task and task interval*)?
- g. Apa yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak ditemukan (*default action*)?

Terdapat pula tahapan penyusunan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), yaitu antara lain sebagai berikut :

- a. Fungsi sistem dalam konteks operasional (*system function*).
- b. Kegagalan aset dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*).
- c. Penyebab terjadinya kegagalan fungsi (*failure modes*).
- d. Efek yang ditimbulkan apabila aset mengalami kegagalan (*failure effect*).
- e. Konsekuensi apabila kegagalan aset terjadi (*failure consequences*).
- f. Kegiatan yang dilakukan untuk memprediksi atau mencegah kegagalan (*proactive task and initial interval*). Kegiatan yang dilakukan apabila langkah *proactive* yang sesuai tidak ditemukan (*default action*).

### **2.6.1 System Function and Functional Failure**

Fungsi (*Function*) adalah kinerja (*performance*) yang diharapkan oleh suatu sistem agar dapat bekerja dengan baik sesuai fungsinya. *Functional Failure* (FF) didefinisikan sebagai ke tidak mampuan suatu komponen atau sistem untuk memenuhi standar presentasi yang diharapkan oleh perusahaan.

Sebelum kita dapat menentukan kegiatan yang sesuai yang akan diberikan, ada dua hal yang harus dipenuhi. Pertama menentukan apa yang dikehendaki pemakai terhadap asset tersebut dan yang kedua yaitu memastikan bahwa *asset* tersebut mampu menjalankan apa yang dikehendaki oleh pemakai. Hal ini menjadi alasan mengapa langkah pertama yang diterapkan dalam proses RCM adalah menentukan apa fungsi dari setiap *asset* yang dimiliki dalam konteks operasi yang dijalankan, bersamaan dengan standar performansi yang diinginkan. *System Function* bertujuan untuk membuat suatu informasi yang dapat mendefinisikan fungsi sistem. Analisa yang digunakan adalah berdasarkan fungsi bukan mengenai peralatan yang ada pada sistem tersebut. Sedangkan *Functional Failure* bertujuan untuk menjelaskan bagaimana sistem tersebut mengalami kegagalan melaksanakan *system function*. (Moubray, 2000)



**Tabel 2.1** Deskripsi *System Function and Functional Failure* (Moubray, 2000)

No	System Function	Functional Failure
1	To supply benzene to the process at a minimum rate of 70 gallons/minute	A Fails to supply benzene at all
		B Supplies benzene at less than 70 gallons/minutes
2	To contain the benzene and the benzene vapor	A Fails to contain the benzene
		B Fails to contain the benzene Vapor

### 2.6.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

*Failure Mode & Effect Analysis* adalah suatu teknik *management* kegagalan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan suatu *asset* yang tidak mampu melaksanakan fungsi yang diharapkan oleh pengguna. *Failure Mode* dapat didefinisikan bagaimana suatu *asset* dapat mengalami kerusakan, bertujuan untuk menentukan akar permasalahan dari kegagalan yang terjadi. *Failure Effect* menjelaskan dampak yang diakibatkan apabila *failure mode* tersebut terjadi. Proses identifikasi terhadap fungsi, *failure mode* dan *failure effect* sangat penting untuk dilakukan karena dapat menentukan perbaikan performansi suatu *asset*. (Moubray, 2000)

*Failure mode* ada beberapa macam antara lain :

- External Leakage-Process Medium (ELP)*  
*External Leakage-Process Medium* adalah mode kegagalan yang memiliki arti kebocoran akibat pengaruh *external* pada proses.
- Abnormal Instrument Reading (AIR)*  
*Abnormal Instrument Reading* adalah mode kegagalan yang memiliki arti pembacaan *instrument* yang tidak normal.
- Structural Deficiency (STD)*  
*Structural Deficiency* adalah mode kegagalan yang memiliki arti penyimpangan *Desain Structural*.
- Plugged/Chocked (PLU)*

*Plugged/Chocked* adalah mode kegagalan yang memiliki arti komponen mengalami sumbatan atau buntu.

e. *Minor In-Service Problem* (SER)

*Minor In-Service Problem* adalah mode kegagalan yang memiliki arti kesalahan yang tidak diketahui/tidak disengaja pada saat melakukan perbaikan/pemasangan.

f. *Fail To Regulate* (FTR)

*Fail To Regulate* adalah mode kegagalan yang memiliki arti *valve* tidak bisa membuka atau menutup sesuai dengan instruksi dari *Controller*.

g. *Valve Leakage In Closed Position* (LCP) *Valve Leakage In Closed Position* adalah mode kegagalan yang memiliki arti kegagalan *valve* dalam menutup sehingga fluida masih bisa mengalir ketika *Valve* sudah menutup atau biasa disebut (*Passing*).

h. *Fail To Open On Demand* (FTO)

*Fail To Open On Demand* adalah mode kegagalan yang memiliki arti *Valve* tidak bisa membuka.

i. *Delayed Operation* (DOP)

*Delayed Operation* yaitu mode kegagalan yang memiliki arti keterlambatan *Valve* dalam merespon.

j. *Insufficient Heat Transfer* (IHT)

*Insufficient Heat Transfer* adalah mode kegagalan yang memiliki arti *Cooler* tidak berhasil mendinginkan gas yang melewatinya.

k. *Fail To Close On Demand* (FTC)

*Fail To Close On Demand* adalah mode kegagalan yang memiliki arti *Valve* tidak bisa menutup sesuai dengan *Instruksi Controller*.

### 2.6.3 Konsekuensi Kegagalan (*Failure Consequences*)

Dalam *reliability centered maintenance*, konsekuensi kegagalan diklasifikasikan menjadi empat bagian yaitu : (Moubray, 2000).

a. *Hidden Failure Consequences*

*Hidden failure consequences* merupakan kegagalan yang tidak dapat dibuktikan secara langsung sesaat setelah kegagalan berlangsung.

b. *Safety and Environment Consequences*

*Safety consequences* terjadi apabila sebuah kegagalan fungsi mempunyai konsekuensi terhadap keselamatan pekerjaan /manusia lainnya. *Environment consequences* terjadi apabila kegagalan fungsi berdampak pada kelestarian lingkungan.

c. *Operational Consequences*

Suatu kegagalan dikatakan memiliki konsekuensi operasional ketika berakibat pada produksi atau operasional (keluaran, kualitas produk, pelayanan terhadap konsumen atau biaya operasional untuk perbaikan komponen).

d. *Non Operational Consequences*

Bukti kegagalan pada kategori ini adalah yang bukan tergolong dalam konsekuensi keselamatan ataupun produksi, jadi kegagalan ini hanya melibatkan biaya perbaikan komponen.

#### 2.6.4 Severity Class

Setiap kegagalan yang terjadi dapat dikategorikan ke dalam salah satu dari keempat *severity class* yaitu :

a. *Critical Failure*

Kegagalan yang menyebabkan kerugian secara langsung dan menyeluruh terhadap kapabilitas alat dalam menghasilkan output.

b. *Degraded Failure*

Kegagalan yang tidak bersifat kritis, namun dapat menghambat kinerja alat dalam menghasilkan output di beberapa kondisi. Tipe kegagalan ini biasanya terjadi secara bertahap dan lambat laun dapat meningkat menjadi *critical failure*.

c. *Incipient Failure*

Jenis kegagalan ini secara tidak langsung mempengaruhi kinerja alat dalam menghasilkan output. Namun, jika hal ini

dibiarkan secara terus-menerus dapat menyebabkan *degraded failure* atau bahkan *critical failure* di masa mendatang.

d. *Unknown*

Pada tipe kegagalan ini, tidak ada rekaman tingkat keparahan atau dengan kata lain kegagalan tidak dapat terdeteksi.

### **2.6.5 Proactive Task and Initial Interval**

*Proactive task* dan *initial interval* dilakukan sebelum terjadi kegagalan untuk menghindarkan aset dari kondisi yang dapat menyebabkan kegagalan. Kegiatan ini biasa dikenal dengan *predictive* dan *preventive maintenance*. Dalam RCM, *predictive maintenance* dikategorikan ke dalam aktivitas *scheduled on condition task*, sedangkan *preventive maintenance* dikategorikan ke dalam *scheduled restoration task* ataupun *scheduled discard task*. Adapun kategori-kategori dalam melakukan pemeliharaan adalah sebagai berikut : (Moubray, 2000)

a. *Scheduled on-condition task*

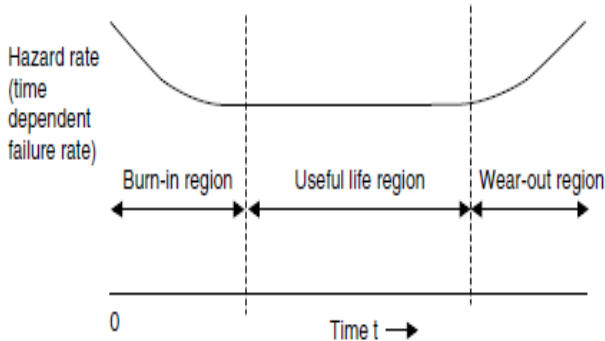
*Scheduled on-condition task* merupakan kegiatan untuk mengecek potensi kegagalan pada saat mesin sedang beroperasi, sehingga kegagalan tersebut dapat dicegah untuk menghindarkan alat dari konsekuensi terjadinya kegagalan fungsi.

b. *Scheduled restoration task*

*Scheduled restoration task* merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memperbaiki komponen sesuai jadwal tertentu sebelum mesin mengalami kegagalan fungsi. Dalam pelaksanaannya, mesin harus dihentikan.

c. *Scheduled discard task*

*Scheduled discard task* merupakan kegiatan pergantian komponen dengan komponen yang baru pada interval waktu tertentu tanpa memperhatikan kondisi komponen pada saat itu.



**Gambar 2.9** *Bathtub curve*

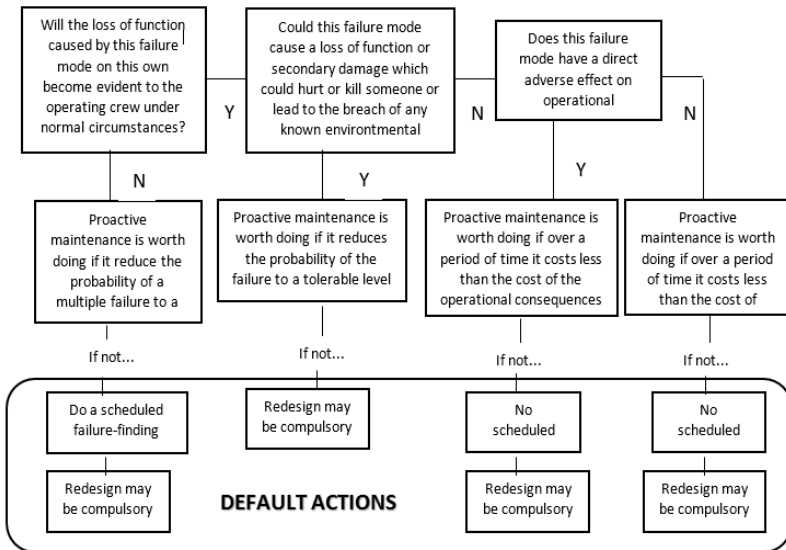
*Bathtub curve* adalah salah satu konsep yang dapat dijadikan acuan untuk menentukan bentuk maintenance yang sesuai untuk suatu sistem atau komponen berdasarkan jenis laju kegagalan yang berubah terhadap waktu. Pada *bathtub curve*, suatu komponen dapat dijelaskan menurut tiga fase utama, yaitu *fase burn-in*, *useful life*, serta *wear-out*. (Dhillon, 1997)

Selama fase *burn-in* (yang dikatakan sebagai fase awal dari suatu komponen yang baru diproduksi), laju kegagalan suatu komponen akan menurun. Beberapa kegagalan yang terjadi di dalam fase ini antara lain adalah ketidaksempurnaan proses manufaktur, kontrol kualitas yang kurang maksimal, cara *packaging* yang kurang tepat, atau kekurangan proses lainnya. Fase *burn-in* dikenal juga dengan sebutan *debugging region*, *infant mortality region*, atau *break-in region*. Kemudian, selama fase *useful life*, laju kegagalan komponen adalah konstan dan kegagalan yang terjadi pun tidak terprediksi atau acak. Kegagalan yang mungkin di antaranya cacat komponen yang tidak terdeteksi, penyalahgunaan komponen, faktor keamanan yang rendah, *human errors*, maupun kondisi lingkungan tertentu yang sulit dihindari. Pada akhirnya, di fase *wear-out*, laju kegagalan meningkat dan kegagalan yang terjadi di antaranya pemeliharaan yang buruk,

terjadinya korosi, maupun pemeriksaan (*overhaul*) yang tidak tepat.

### 2.6.5 Default Action

*Default action* adalah suatu tindakan yang dilakukan jika kondisi sudah berada dalam *failed scale*, dan dipilih ketika tindakan *proactive task* yang efektif tidak mungkin dapat dilakukan. Diagram *default action* ditunjukkan pada gambar berikut : (Moubray, 2000).



**Gambar 2.10** *Default actions*

*Default action* meliputi :

a. *Scheduled Failure Finding*

*Scheduled failure finding* merupakan kegiatan pengecekan secara periodik terhadap fungsi-fungsi yang tersembunyi untuk mengetahui apakah item tersebut telah mengalami kegagalan fungsi.

b. *Re-design*

*Re-design* merupakan kegiatan membuat suatu perubahan (modifikasi terhadap perangkat keras dan juga perubahan prosedur) untuk mengembalikan kondisi suatu alat kembali seperti semula.

c. *Run to Failure*

*Run to failure* merupakan kegiatan membiarkan suatu alat beroperasi sampai terjadi kegagalan. Hal ini dilakukan karena berdasarkan pertimbangan finansial tindakan.

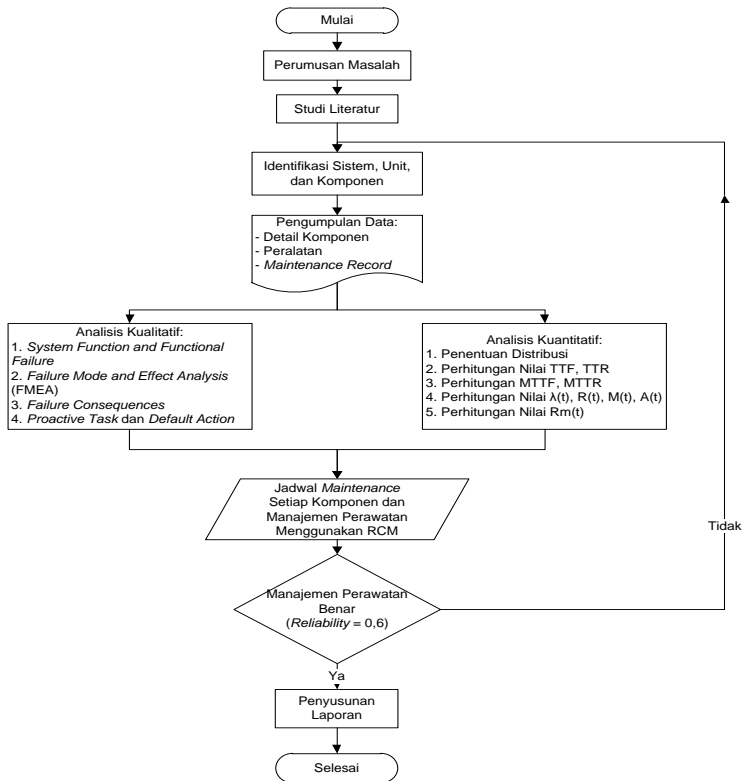
***Halaman ini sengaja dikosongkan***



### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Pengerjaan tugas akhir ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang harus dikerjakan yaitu sesuai diagram alir seperti gambar 3.1 di bawah ini :



**Gambar 3.1** Diagram alir pengerjaan tugas akhir

### 3.1 Studi Literatur

Melakukan pembelajaran tentang berbagai literatur baik dari jurnal, buku, internet, dan wawancara dengan narasumber yang pakar dalam bidangnya. Fungsinya untuk menunjang dalam identifikasi sistem dan pengumpulan data tugas akhir tentang *Boiler B-1102*.

### 3.2 Identifikasi Sistem

Proses identifikasi sistem dimaksudkan untuk mengetahui komponen yang menyusun proses penggerak *Boiler B-1102* serta bagaimana sistem tersebut beroperasi.

**Tabel 3.1** Identifikasi komponen sistem

No	Tag Number	Nama Komponen
1	E-11021	<i>Economizer</i>
2	D-110211	<i>Steam drum</i>
3	E-11022	<i>Superheater</i>

### 3.3 Pengolahan Data

Data yang didapatkan kemudian diolah dengan menggunakan dua metode. Metode pertama yaitu kuantitatif dan metode kedua kualitatif. Berikut merupakan penjelasan mengenai kedua metode tersebut :

#### 3.3.1 Analisa Kualitatif

Analisa kualitatif berupa identifikasi *system function* dan *function failure*, *failure mode and effect analysis* (FMEA), *failure consequence*, *proactive task*, dan *default action*. Berikut merupakan penjelasan dari analisis kualitatif di atas :

- System function* mendefinisikan fungsi dari masing-masing komponen yang menyusun sistem *boiler B-1102*.
- Functional failure*, mendefinisikan mengenai kegagalan komponen penyusun sistem dan saat menjalankan fungsinya.
- Failure mode and effect analysis* (FMEA), mendefinisikan mengenai bentuk kegagalan yang terjadi serta dampak yang

ditimbulkan saat terjadinya kegagalan. FMEA dapat dituliskan seperti tabel 3.2 berikut ini :

**Tabel 3.2** Deskripsi fungsi komponen, fungsi kegagalan dan FMEA (Moubray, 2000)

<i>System Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
1. <i>To reduce exhaust noise level to ISO noise rating 30 at 50 meters</i>	A <i>Noise level exceeds ISO noise rating 30 at 50 m.</i>	1. <i>Silencer material retaining mesh corroded away</i>	<i>Most of the material would be blow out, but some might fall to the bottom of stack and obstruct the turbine outlet, causing high EGT and possible turbine shutdown. Noise levels would rise gradually. Downtime to repair about 2 weeks.</i>
		2. <i>Duct outside turbine hall</i>	<i>leaks.... etc</i>

- d. *Failure Consequence*, mendefinisikan konsekuensi kegagalan dalam empat tipe kategori yaitu *hidden failure consequence*, *safety and environment failure consequence*, *operational failure consequence* dan *non operational consequence*. *Failure consequence* dapat dituliskan seperti tabel 3.3 di bawah ini :

**Tabel 3.3** Descission worksheet dari RCM II (Moubray, 2000)

Information Reference	Consequence Evaluation							W1 S1 O1 N1	W2 S2 O2 N2	W3 S3 O3 N3	Default Action			
F	FF	FM	H	S	E	O					W4	W5	S4	
1	A	1	Y	N	N	N	Y							<i>Schedule on condition task</i>

- e. *Proactive task and initial interval*, menyusun tindakan yang harus dilakukan sebelum terjadinya kegagalan guna menghindari komponen dari kemungkinan kegagalan, dan dikenal dengan kegiatan *predictive* dan *preventive maintenance*. Kegiatan tindakan proaktif dikategorikan menjadi

tiga yaitu *schedule on condition task (predictive maintenance)*, *schedule restoration task* dan *schedule discard task (preventive maintenance)*.

### 3.3.2 Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif digunakan menentukan nilai distribusi, nilai TTF (*Time To Failure*), TTR (*Time To Repair*), MTTF (*Mean Time To Failure*), MTTR (*Mean Time To Repair*), *Failure Rate* ( $\lambda$ ), *Reliability Function*  $R(t)$ , *Maintainability* dan *Aviability*.

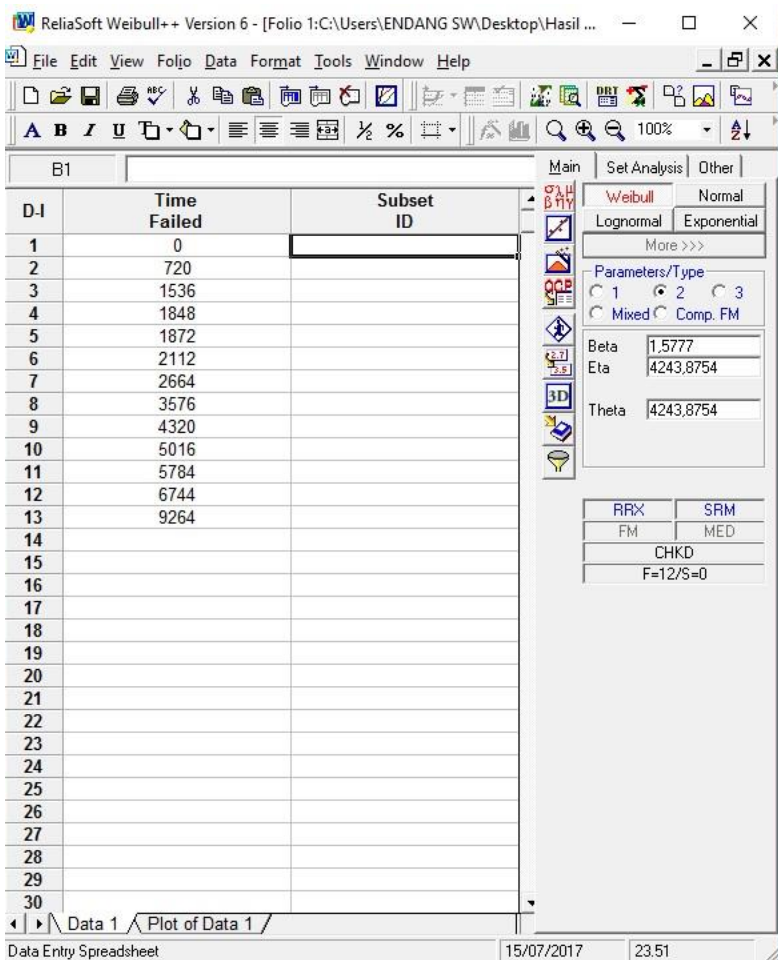
#### a. Penentuan *Time to Failure* (TTF)

Penentuan nilai *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) diperoleh dari data *maintenance* sistem *Boiler B-1102* mulai tahun 2010 sampai tahun 2016 dari komponen-komponen kritis dan *loop* pengendalian untuk diambil datanya berdasarkan identifikasi variable yang telah ditentukan. TTF diperoleh berdasarkan rentang waktu antar kerusakan komponen terjadi. Sedangkan TTR ditentukan berdasarkan rentang waktu antar komponen rusak sampai komponen tersebut diperbaiki.

#### b. Penentuan Distribusi *Time to Failure* (TTF)

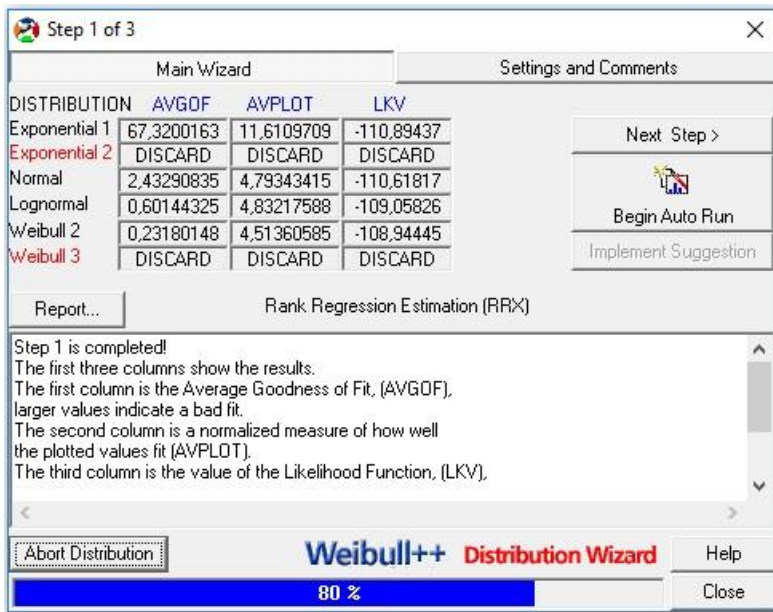
Penentuan distribusi kegagalan komponen sistem *Boiler B-1102* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak berupa *software Reliasoft Weibull ++6*. Distribusi kegagalan komponen digunakan dalam penentuan keandalan masing-masing komponen proses. Komponen yang digunakan sebagai contoh dalam laporan ini adalah *Level Transmitter* adapun tahapan yang harus dilakukan dalam penentuan distribusi kegagalan masing-masing komponen adalah sebagai berikut:

1. TTF yang didapat berdasarkan masing-masing komponen dimasukkan ke dalam *software Reliasoft Weibull ++6*.



**Gambar 3.2** Tampilan nilai TTF pada software reliasoft weibull ++6

2. Penentuan distribusi akan diketahui dengan menggunakan fitur *distribution wizard* pada software Weibull ++6 dengan mengetahui parameter uji *average of fit* (AVGOF) dan *likelihood function* (LKV).

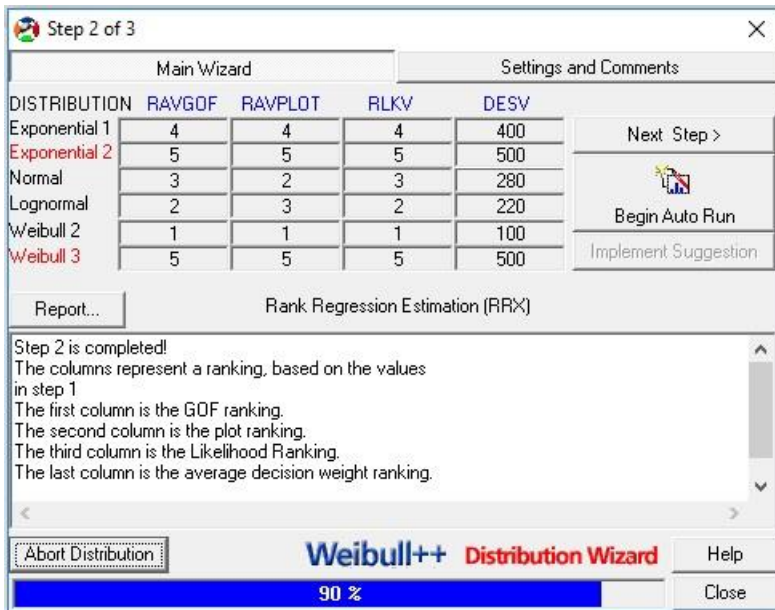


**Gambar 3.3** Tampilan nilai AVGOF dan LCK dalam *Software reliasoft weibull ++6*

Hasil di atas yaitu semakin kecil nilai (AVGOF) maka menunjukkan hasil parameter uji sesuai. Parameter uji *average goodness of plot fit* (AVPLOT) yang menunjukkan ukuran yang digunakan untuk mengplot nilai hasil uji distribusi. Pada parameter uji *likelihood function* (LKV), nilai terkecil merupakan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi.

### 3. Penentuan Peringkat Distribusi

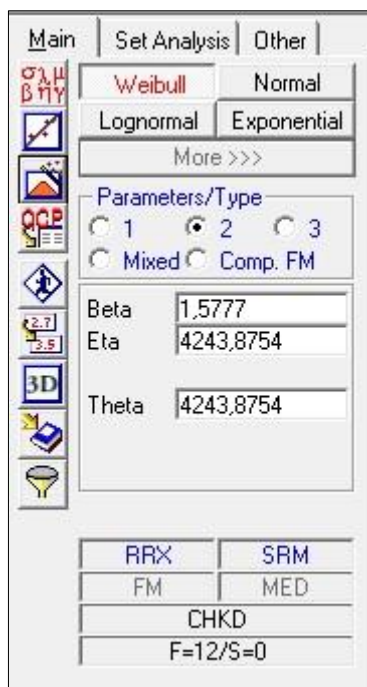
Nilai distribusi yang telah diolah dalam *software Reliasoft Weibull ++6* setelah mengetahui nilai AVGOF dan LKV. Semakin besar nilai peringkat yang diperoleh, maka semakin baik distribusi tersebut digunakan.



**Gambar 3.4** Tampilan peringkat distribusi pada *software reliasoft weibull ++6*

#### 4. Penentuan Parameter Distribusi

Setelah diketahui peringkat distribusi yang mempunyai nilai terbesar, kemudian pilih sesuai peringkat distribusi yang telah didapatkan pada *set analysis*. Setelah itu pilih *calculate* pada menu sehingga diketahui nilai parameter persebaran datanya sesuai dengan peringkat distribusi.



**Gambar 3.5** Tampilan parameter distribusi pada *software reliasoft weibull ++6*.



## BAB IV

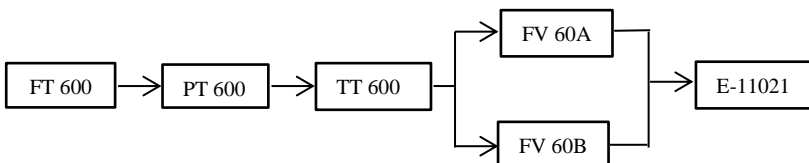
### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil analisa data dan pembahasan dari analisa kehandalan dengan metode RCM II pada sistem *boiler B-1102*. Dalam metode RCM II ini penelitian menggunakan dua macam analisa data yaitu analisa kuantitatif dan kualitatif.

#### 4.1 Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif bertujuan untuk mendapatkan nilai kehandalan masing-masing komponen penyusun sistem *boiler B-1102*. analisa tersebut dilakukan dengan menggunakan data *maintenance* sistem *boiler B-1102*. Kemudian didapatkan nilai kehandalan, ketersediaan, keterawatan masing-masing komponen dan dapat diketahui dengan menghitung TTF (*time to failure*), TTR (*time to repair*). Data tersebut akan diolah dan digunakan untuk mengevaluasi komponen kritis dan jadwal maintenance pada masing-masing komponen.

##### 4.1.1 Economizer E-11021



**Gambar 4.1** Diagram blok sistem *economizer E-11021*

*Economizer E-11021* dalam proses operasi terdapat beberapa komponen pendukung yaitu *flow transmitter*, *flow valve*, *Pressure transmitter* dan *temperature transmitter*. Evaluasi keandalan komponen tersebut adalah sebagai berikut :

### a. *Flow Transmitter 600*

#### • Penentuan Distribusi

Penentuan distribusi kegagalan dalam *flow transmitter 600* didapatkan melalui waktu kegagalan dari masing – masing komponen pendukungnya mulai tahun 2010 sampai dengan 2015 dari pabrik 1 PT. Petrokimia Gresik. Kemudian data tersebut diolah untuk dilakukan evaluasi terhadap masing – masing komponen pendukung *flow transmitter 600*, seperti yang ditunjukkan di tabel 4.1 dibawah ini :

**Tabel 4.1** Perhitungan TTF dan TTR unit *FT 600*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	12/04/2010 (07:00)	13/04/2010 (15:00)	0	8
2	07/01/2011 (07:00)	08/01/2011 (15:00)	6480	8
3	05/01/2012 (09:00)	05/01/2012 (14:00)	8712	5
4	14/05/2013 (08:00)	14/05/2013 (14:00)	11880	6
5	12/02/2014 (07:00)	12/02/2014 (11:00)	6576	4
6	21/09/2015 (07:00)	21/09/2015 (12:00)	14064	5
Jumlah			47712	36
Rata-Rata			7952	6

Berdasarkan data waktu kegagalan dan waktu perbaikan dapat dihitung nilai TTF dan TTR yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. Nilai TTF dan TTR sebagai parameter untuk menentukan fungsi distribusi dengan bantuan *software reliasoft weibull ++6*. Hasil keluaran *software reliasoft weibull ++6* pada komponen *flow transmitter 600* seperti yang ditunjukkan di tabel 4.2 dibawah ini :

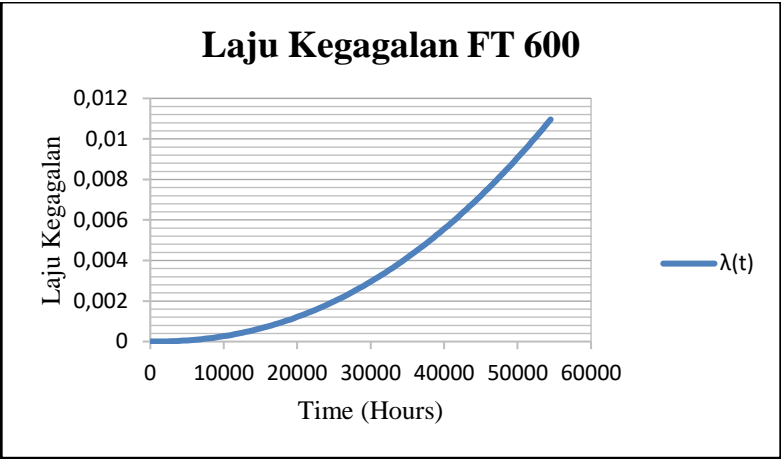
**Tabel 4.2** Hasil keluaran *software reliasoft weibull* untuk unit *flow transmitter 600*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	86,7590874
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	1,80363465
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	3,39552526
2	Lognormal	1,97965428

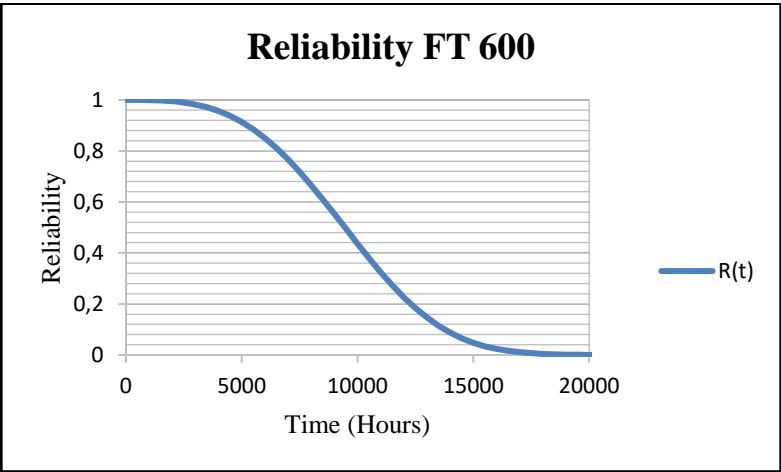
Tabel 4.2 menunjukkan parameter distribusi probabilitas beberapa fungsi. Parameter AVGOF digunakan untuk menentukan fungsi distribusi terbaik. Yaitu pada nilai TTF *hours* rangking 1 dengan distribusi Weibull II.

- **Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 3,1948$  dan  $\eta = 10600$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). laju kegagalan dari *Flow Transmitter 600* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.2 berikut ini:



**Gambar 4.2** Laju kegagalan *flow transmitter 600*



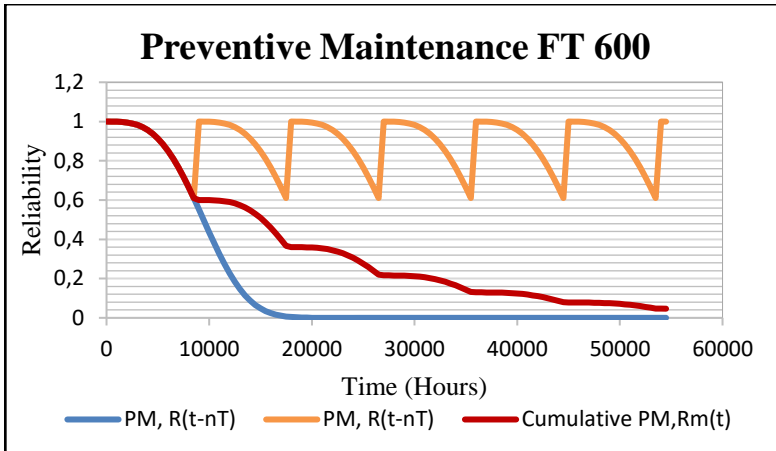
**Gambar 4.3** Keandalan *flow Transmitter 600*

Dari gambar 4.3 diketahui keandalan *Flow Transmitter 600* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 8500 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Flow Transmitter 600*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 8500 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 3,35$ ,  $\beta = 1,3798$  dan  $\eta = 3,1051$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Flow Transmitter 600* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 8500 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa Preventive Maintenance**

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 8500 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut ini:



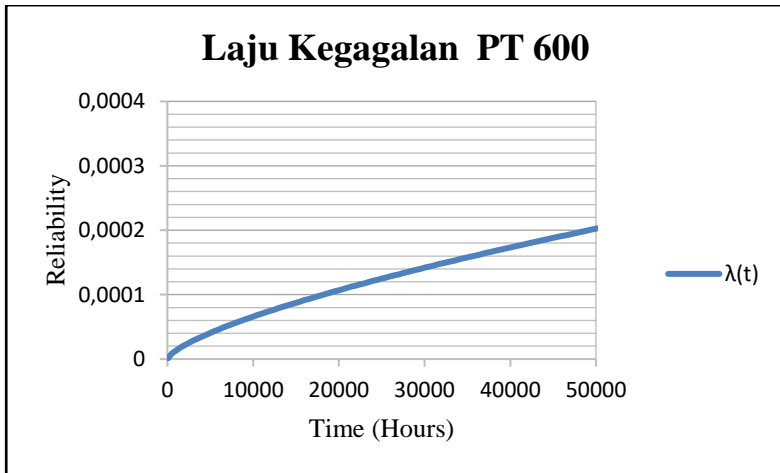
**Gambar 4.4** Keandalan *flow transmitter 600* dengan PM

Gambar 4.4 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 8500 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Flow Transmitter 600*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 8500 jam operasi.

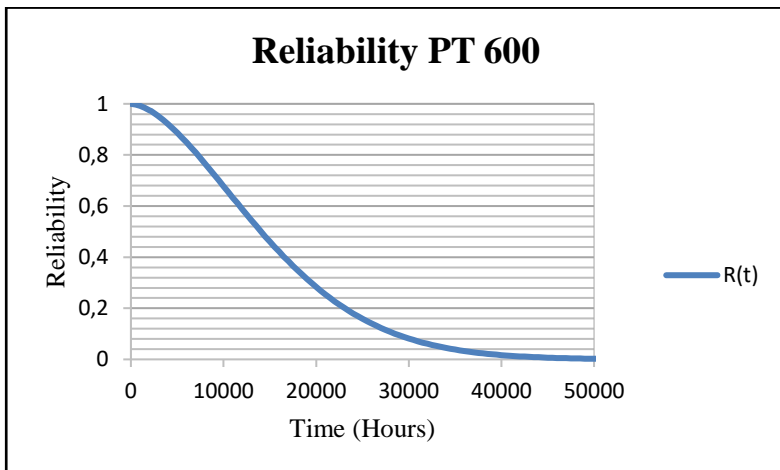
#### **b. Pressure Transmitter 600**

- Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 1,6963$  dan  $\eta = 17449$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). laju kegagalan dari *Pressure Transmitter 600* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.5 berikut ini:



**Gambar 4.5** Laju kegagalan *pressure transmitter 600*



**Gambar 4.6** Keandalan *pressure transmitter 600*

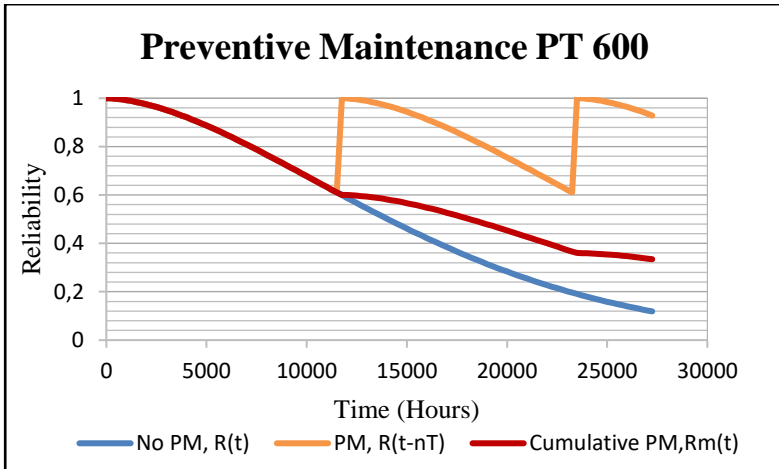
Dari gambar 4.6 diketahui keandalan *Pressure Transmitter 600* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 8500 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Pressure Transmitter 600*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 11500 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 5,155$ ,  $\beta = 1,5197$  dan  $\eta = 1,9055$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Pressure Transmitter 600* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 11500 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa *Preventive Maintenance***

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 11500 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.7 berikut ini:





**Gambar 4.7** Keandalan *pressure transmitter 600* dengan PM

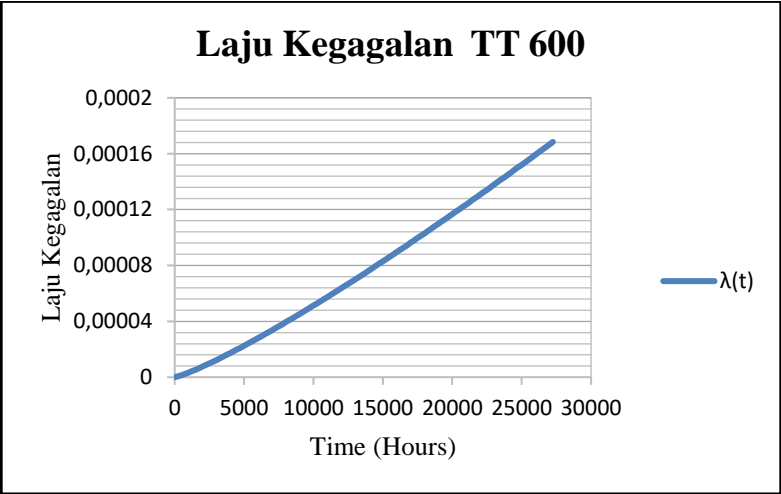
Gambar 4.7 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 11500 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Pressure Transmitter 600*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 11500 jam operasi.

### c. *Temperature Transmitter 600*

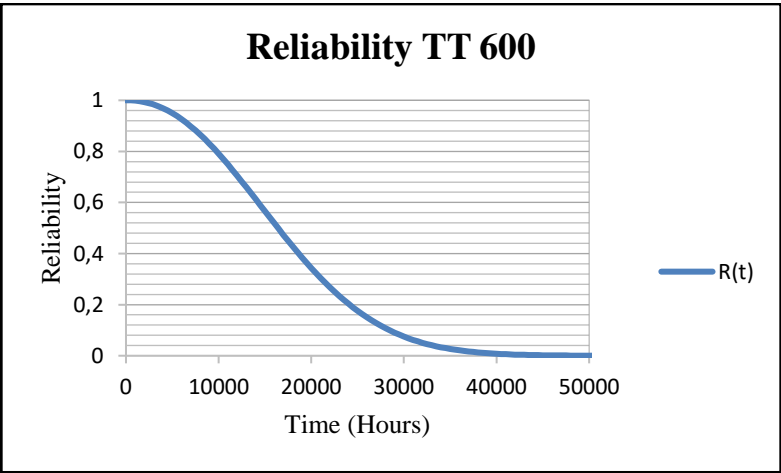
#### • Analisis Keandalan

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,1862$  dan  $\eta = 19410$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Temperature Transmitter 600* adalah

naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.8 berikut ini:



**Gambar 4.8** Laju kegagalan *temperature transmitter 600*



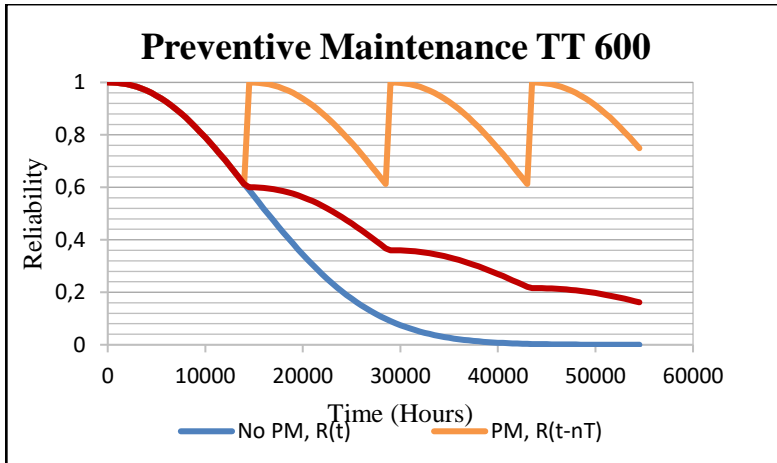
**Gambar 4.9** Keandalan *temperature transmitter 600*

Dari gambar 4.9 diketahui keandalan *Temperature Transmitter 600* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 14000 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Temperature Transmitter 600*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 14000 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 7,6415$  dan  $\eta = 7,6651$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.6 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Temperature Transmitter 600* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 14000 jam operasi adalah 0,59. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- ***Analisa Preventive Maintenance***

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 14000 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.10 berikut ini:



**Gambar 4.10** Keandalan *TT 600* dengan PM

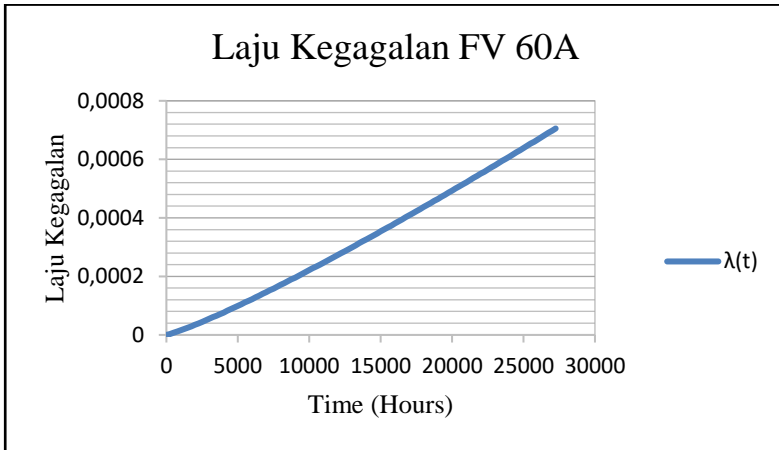
Gambar 4.10 menunjukkan keandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 14000 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai keandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Temperature Transmitter 600*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 14000 jam operasi.

#### d. *Flow Valve 60A*

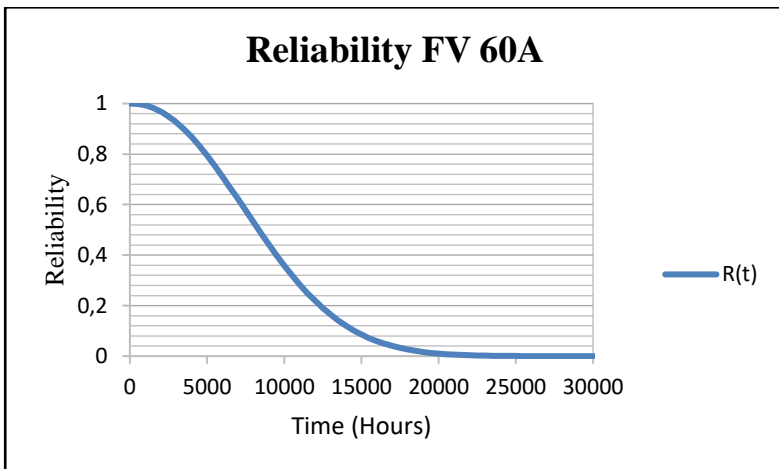
##### • Analisis Keandalan

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure (TTF)* yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,1566$  dan  $\eta = 9881,61$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu

(jam). Laju kegagalan dari *Flow Valve 60A* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.11 berikut ini:



**Gambar 4.11** Laju kegagalan *flow valve 60A*



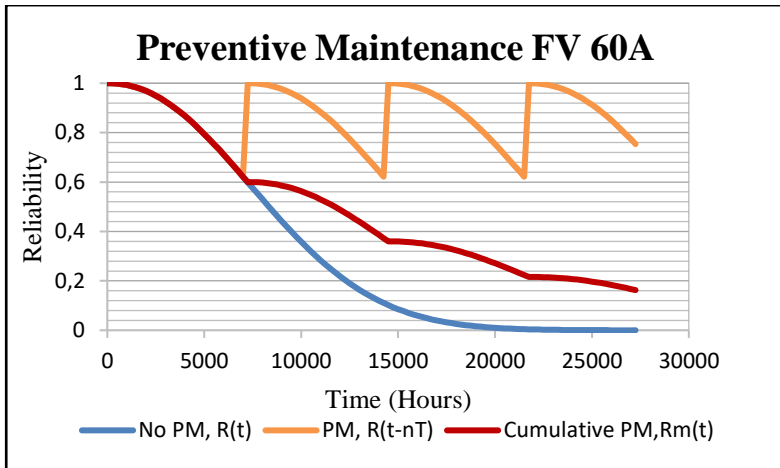
**Gambar 4.12** Keandalan *flow valve 60A*

Dari gambar 4.12 diketahui keandalan *flow valve 60A* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 7000 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *flow valve 60A*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 7000 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Eksponensial II dengan  $\lambda = 0,6737$  dan  $\gamma = 4,5102$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Flow Valve 60A* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 7000 jam operasi adalah 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa *Preventive Maintenance***

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 7000 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.13 berikut ini:



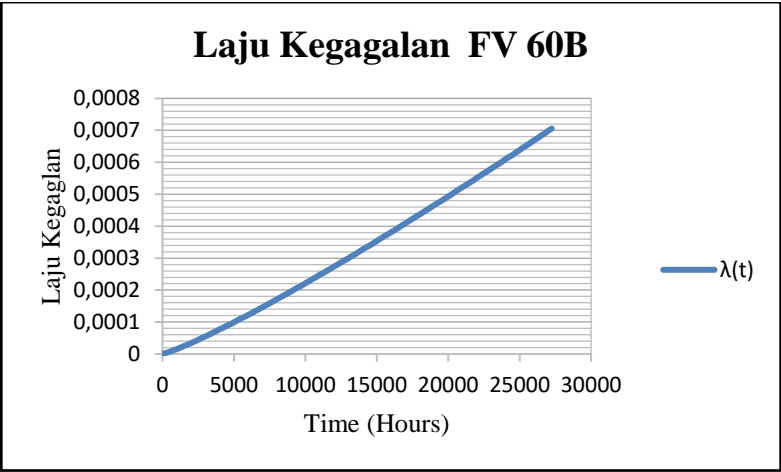
**Gambar 4.13** Keandalan *flow valve 60A* dengan PM

Gambar 4.13 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 7000 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *flow valve 60A*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 7000 jam operasi.

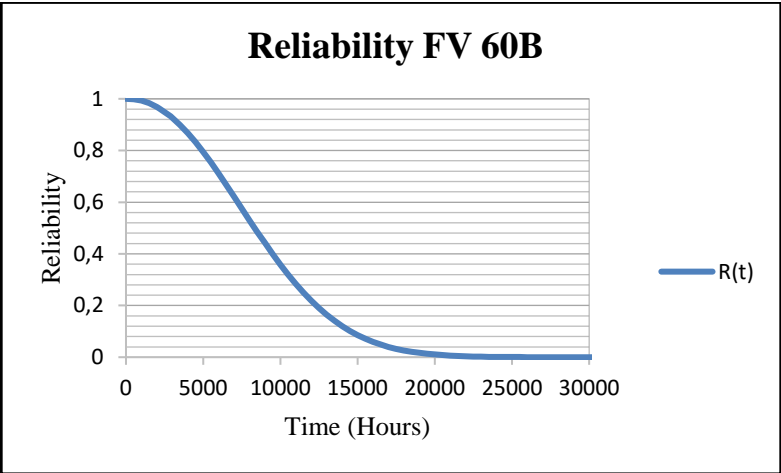
#### e. *Flow Valve 60B*

##### • Analisis Keandalan

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,1566$  dan  $\eta = 9881,6097$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). laju kegagalan dari *Flow Valve 60B* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.14 berikut ini:



**Gambar 4.14** Laju kegagalan *flow valve 60B*



**Gambar 4.15** Keandalan *flow valve 60B*

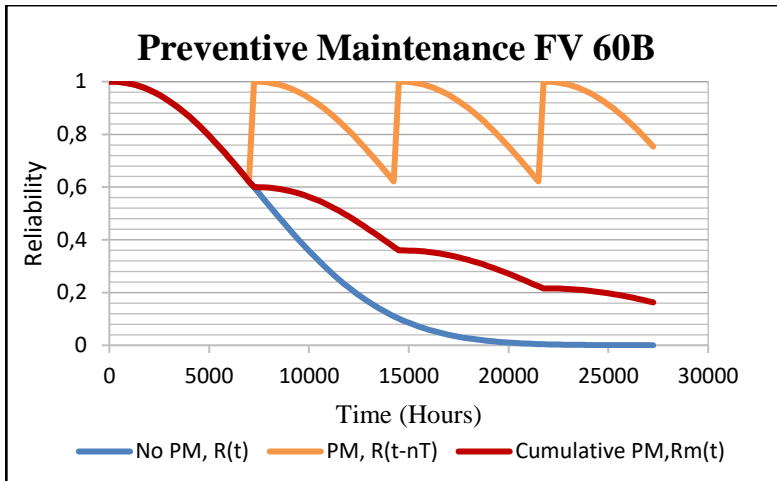


Dari gambar 4.15 diketahui keandalan *Flow Valve 60B* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 7000 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Flow Valve 60B*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 7000 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Eksponensial II dengan  $\lambda = 0,6737$  dan  $\gamma = 4,5102$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Flow Valve 60B* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 7000 jam operasi adalah 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- ***Analisa Preventive Maintenance***

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 7000 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.16 berikut ini:



**Gambar 4.16** Keandalan *flow valve 60B* dengan PM

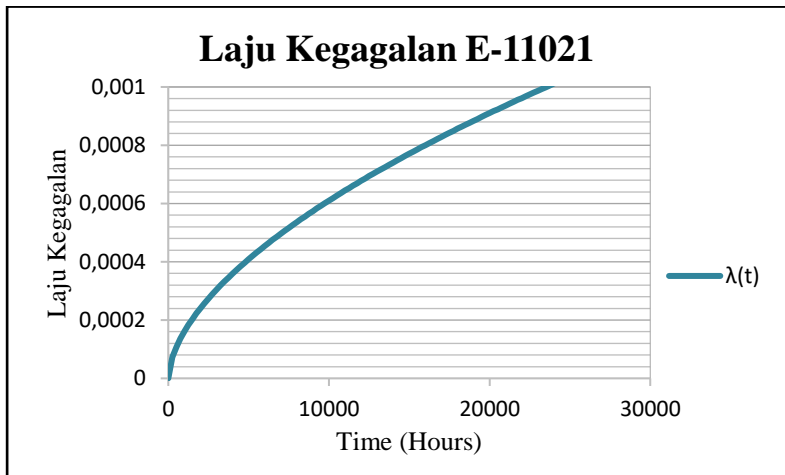
Gambar 4.16 menunjukkan keandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 7000 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai keandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Flow Valve 60B*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 7000 jam operasi.

#### f. *Economizer E-11021*

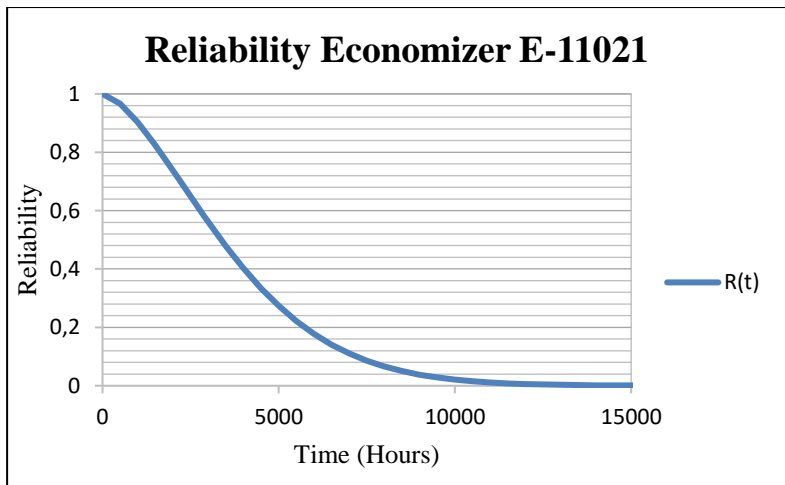
##### • Analisis Keandalan

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta=1,5777$  dan  $\eta=4243,87$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Economizer E-11021* adalah naik

(*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.17 berikut ini:



**Gambar 4.17** Laju kegagalan *economizer E-11021*



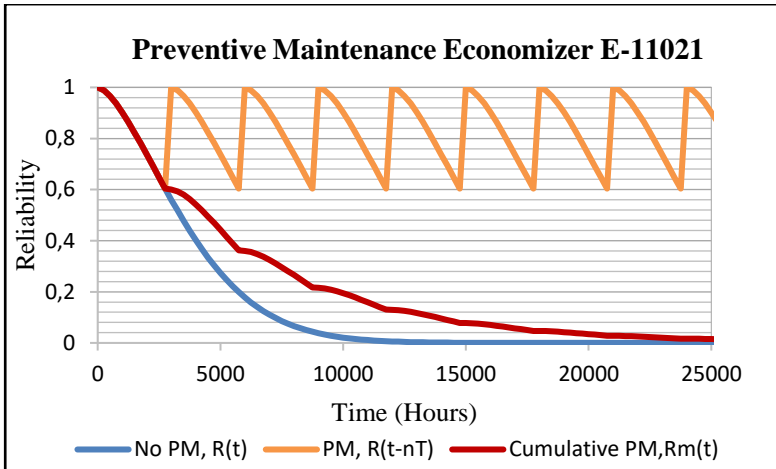
**Gambar 4.18** Keandalan *economizer E-11021*

Dari gambar 4.18 diketahui keandalan *economizer E-11021* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 2750 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *economizer E-11021* dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 2750 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 4,9035$  dan  $\eta = 7,3638$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.6 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Economizer E-11021* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 2750 jam operasi adalah 0,65. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa Preventive Maintenance**

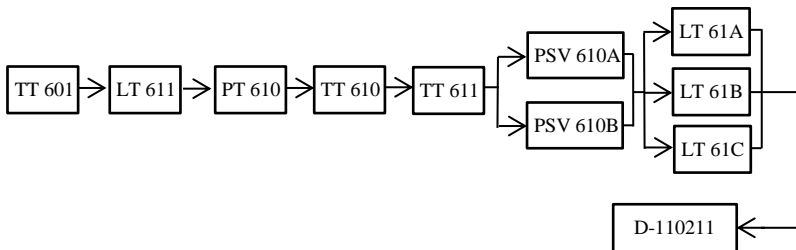
Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 2750 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.19 berikut ini:



**Gambar 4.19** Keandalan *economizer E-11021* dengan PM

Gambar 4.19 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kenaikan nilai kehandalan dari sebelumnya, oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal  $\lambda$  untuk dilakukan pada *Econoizer E-11021*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 2750 jam operasi.

#### 4.1.2 *Steam Drum D-110211*



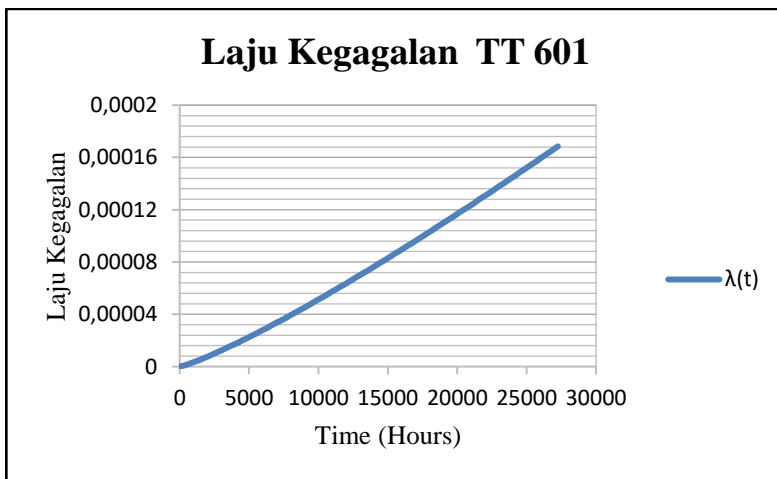
**Gambar 4.20** Diagram blok sistem *steam drum D-110211*

*Steam drum D-110211* mempunyai beberapa komponen penting sebagai pendukung dalam proses operasi yaitu terdiri dari *Temperature Transmitter*, *Level Transmitter*, *Pressure Transmitter* dan *Pressure Safety Valve*. Evaluasi keandalan komponen tersebut adalah sebagai berikut :

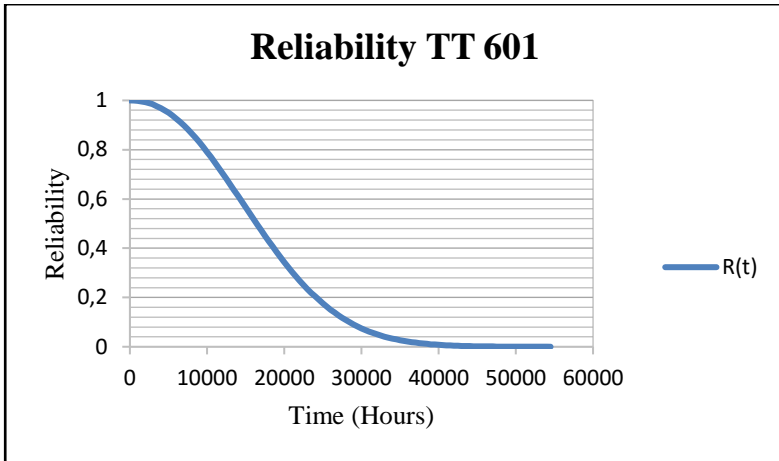
**a. *Temperature Transmitter 601***

- **Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,1862$  dan  $\eta = 19410$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). laju kegagalan dari *Temperature Transmitter 601* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.21 berikut ini:



**Gambar 4.21** Laju kegagalan *temperature transmitter 601*



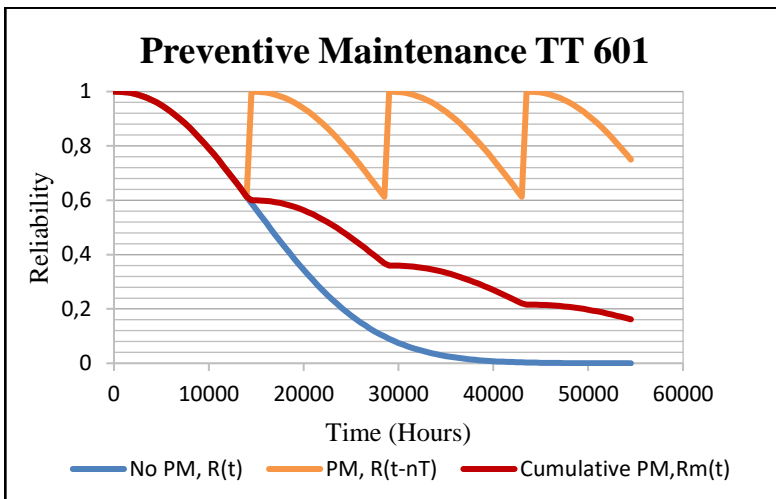
**Gambar 4.22** Keandalan *temperature transmitter 601*

Dari gambar 4.22 diketahui keandalan *temperature transmitter 601* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 14000 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Temperature Transmitter 601*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 14000 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 7,6415$  dan  $\eta = 7,6651$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.6 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Temperature Transmitter 601* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 14000 jam operasi adalah 0,59. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa Preventive Maintenance**

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 14000 jam operasi, didapatkan nilai keandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.23 berikut ini:



**Gambar 4.23** Keandalan *TT 601* dengan PM

Gambar 4.23 menunjukkan keandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 14000 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai keandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Temperature Transmitter 601*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 14000 jam operasi.



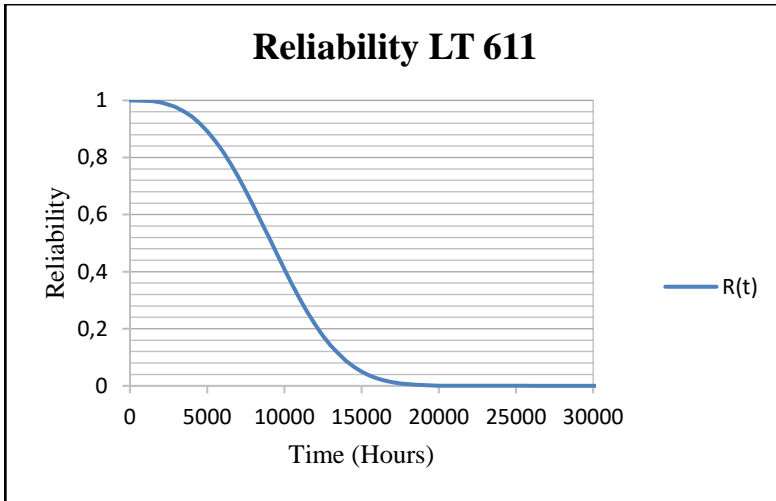
**b. Level Transmitter 611**

- **Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,9768$  dan  $\eta = 10377$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Level Transmitter 611* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.24 berikut ini:



**Gambar 4.24** Laju kegagalan *level transmitter 611*



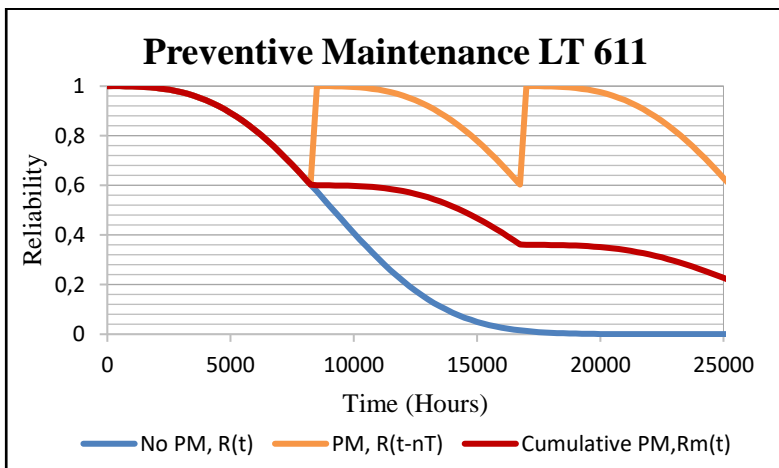
**Gambar 4.25** Keandalan *level transmitter 611*

Dari gambar 4.25 diketahui keandalan *Level Transmitter 611* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 8250 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Level Transmitter 611*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 8250 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 3,56$ ,  $\beta = 1,0685$  dan  $\eta = 3,3171$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Level Transmitter 611* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 8250 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa Preventive Maintenance**

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 8250 jam operasi, didapatkan nilai keandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.26 berikut ini:



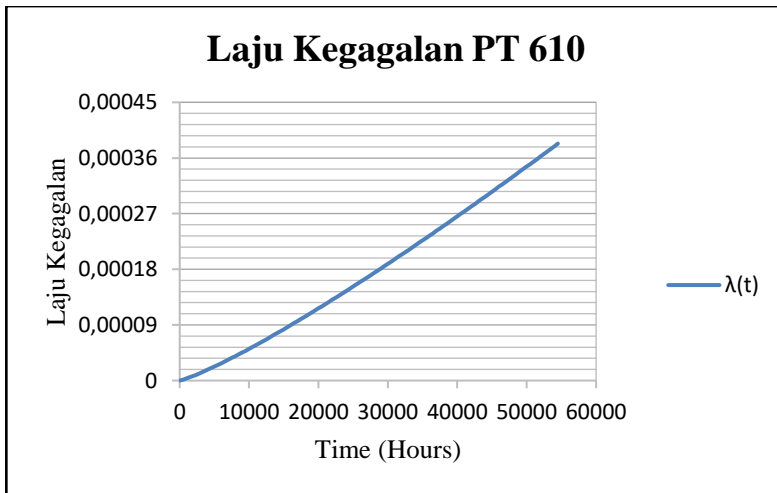
**Gambar 4.26** Keandalan *level transmitter 611* dengan PM

Gambar 4.26 menunjukkan keandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 8250 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai keandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Level Transmitter 611*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 8250 jam operasi.

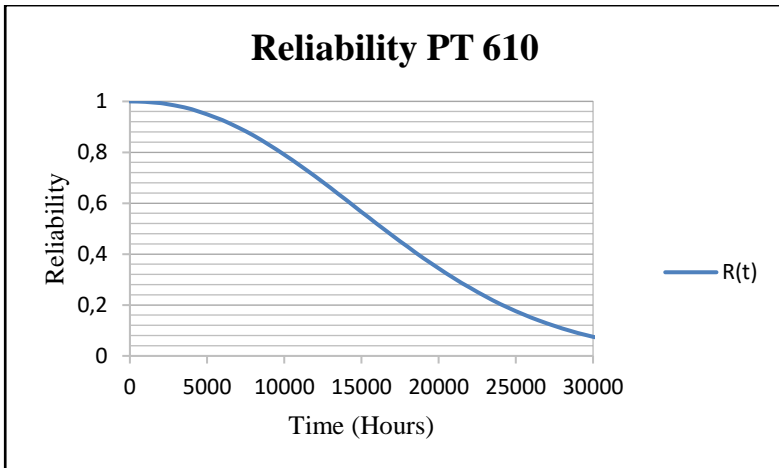
c. **Pressure Transmitter 610**

- **Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,1862$  dan  $\eta = 19410$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). laju kegagalan dari *Pressure Transmitter 610* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.27 berikut ini:



**Gambar 4.27** Laju kegagalan *pressure transmitter 610*



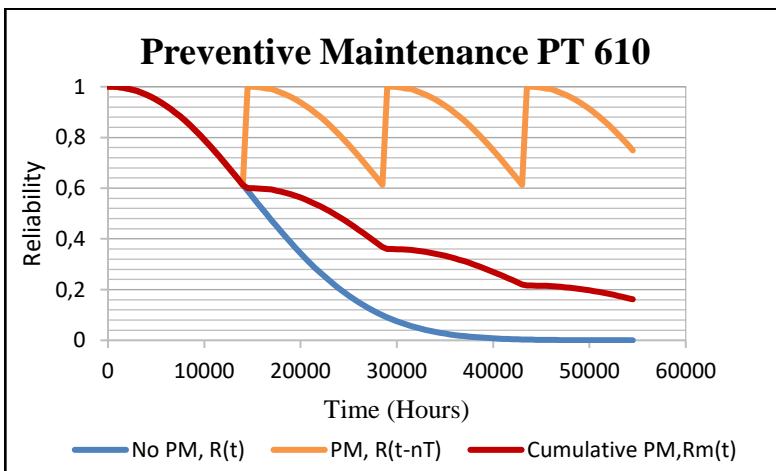
**Gambar 4.28** Keandalan *pressure transmitter 610*

Dari gambar 4.28 diketahui keandalan *Pressure Transmitter 610* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 14000 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Pressure Transmitter 610*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 14000 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 4,085$ ,  $\beta = 1,3984$  dan  $\eta = 3,2038$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Pressure Transmitter 610* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 14000 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa Preventive Maintenance**

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 14000 jam operasi, didapatkan nilai keandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.29 berikut ini:



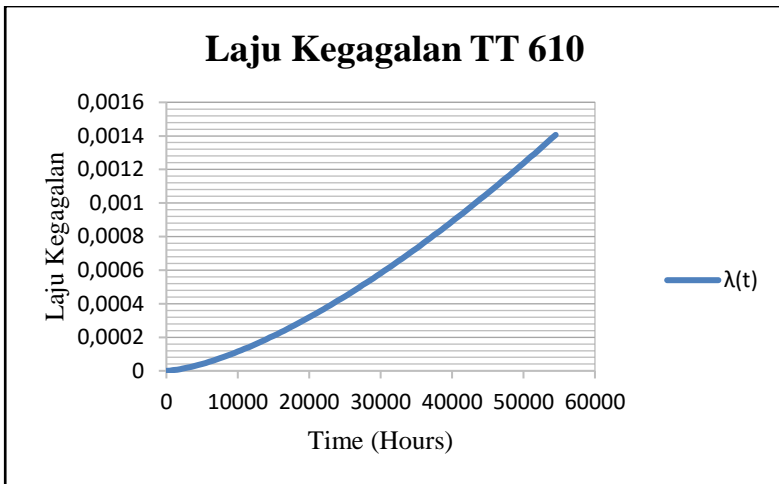
**Gambar 4.29** Keandalan *pressure transmitter 610* dengan PM

Gambar 4.29 menunjukkan keandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 14000 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai keandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Pressure Transmitter 610*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 14000 jam operasi.

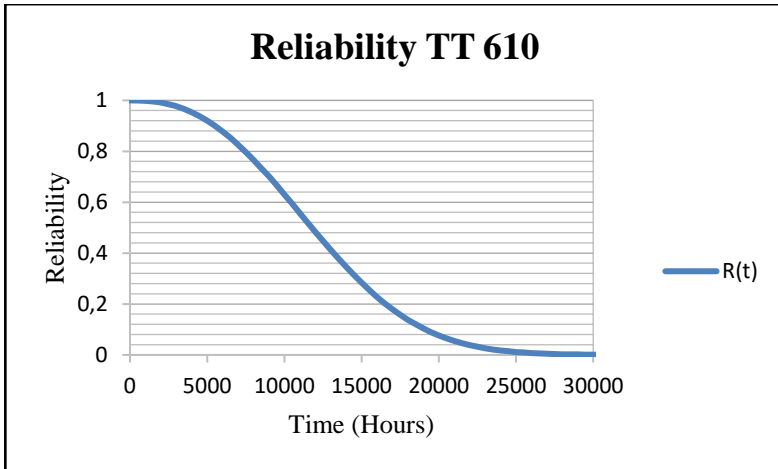
**d. *Temperature Transmitter 610***

- **Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,4795$  dan  $\eta = 13660$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Temperature Transmitter 610* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.30 berikut ini:



**Gambar 4.30** Laju kegagalan *temperature transmitter 610*



**Gambar 4.31** Keandalan *temperature transmitter 610*

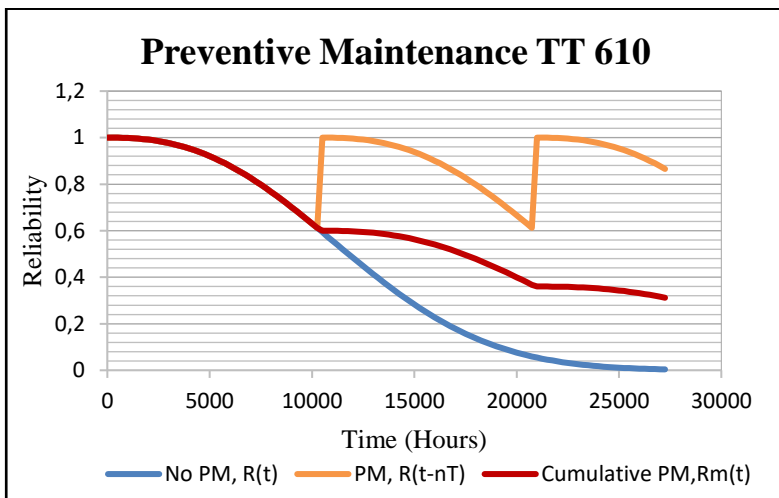
Dari gambar 4.31 diketahui keandalan *Temperature Transmitter 610* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 10250 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Temperature Transmitter 610*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 10250 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 4,585$ ,  $\beta = 0,9051$  dan  $\eta = 2,1206$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Temperature Transmitter 610* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 10250 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.



- **Analisa Preventive Maintenance**

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 10250 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.32 berikut ini:



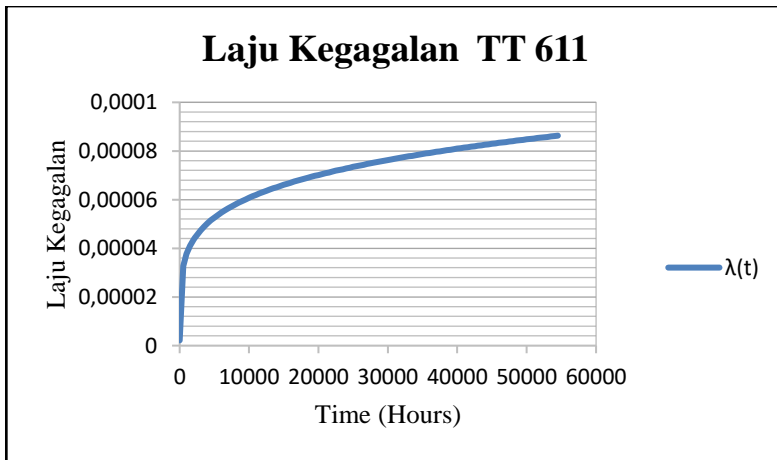
**Gambar 4.32** Keandalan *TT 610* dengan PM

Gambar 4.32 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 10250 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Temperature Transmitter 610*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 10250 jam operasi.

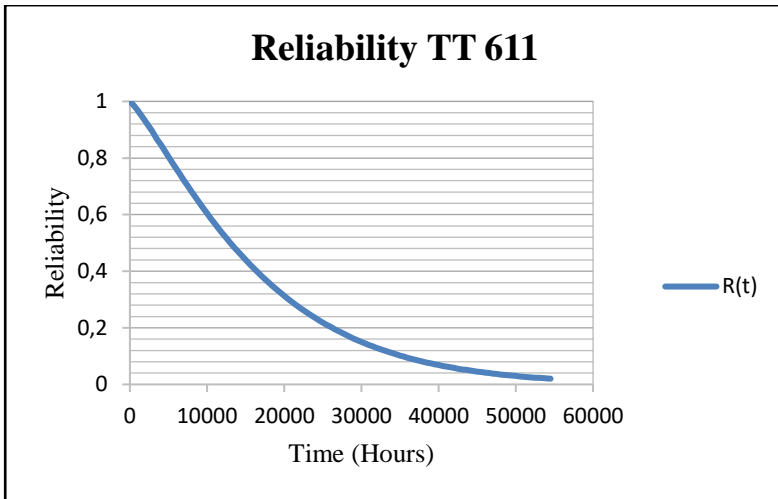
e. *Temperature Transmitter 611*

- **Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 1,2069$  dan  $\eta = 17657$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Temperature Transmitter 611* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.33 berikut ini:



**Gambar 4.33** Laju kegagalan *temperature transmitter 611*



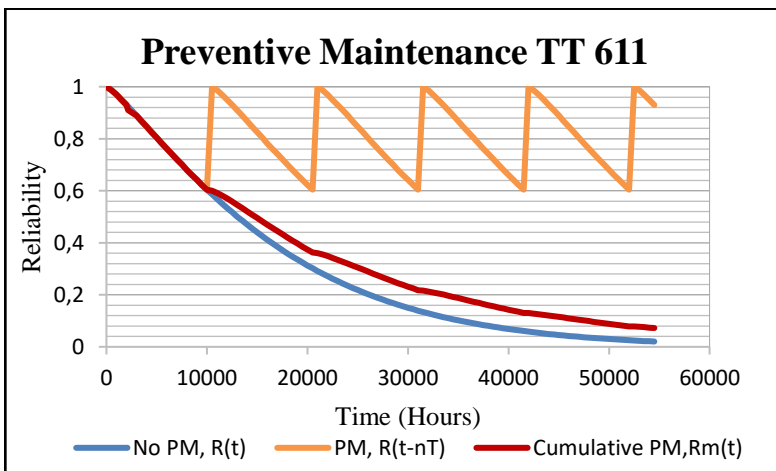
**Gambar 4.34** Keandalan *temperature transmitter 611*

Dari gambar 4.34 diketahui keandalan *Pressure Transmitter 611* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 10000 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Temperature Transmitter 611*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 10000 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 2,005$ ,  $\beta = 7,1485$  dan  $\eta = 6,5854$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Temperature Transmitter 611* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 10000 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa Preventive Maintenance**

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 10000 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.35 berikut ini:



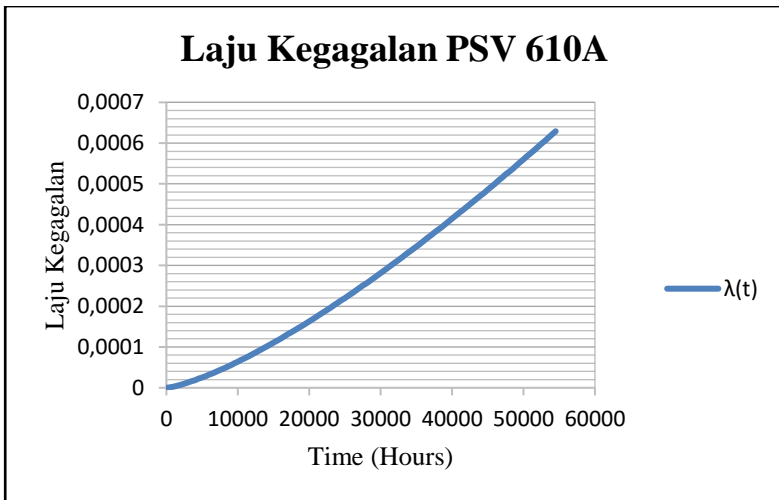
**Gambar 4.35** Keandalan *TT 611* dengan PM

Gambar 4.35 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 10000 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Pressure Transmitter 611*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 10000 jam operasi.

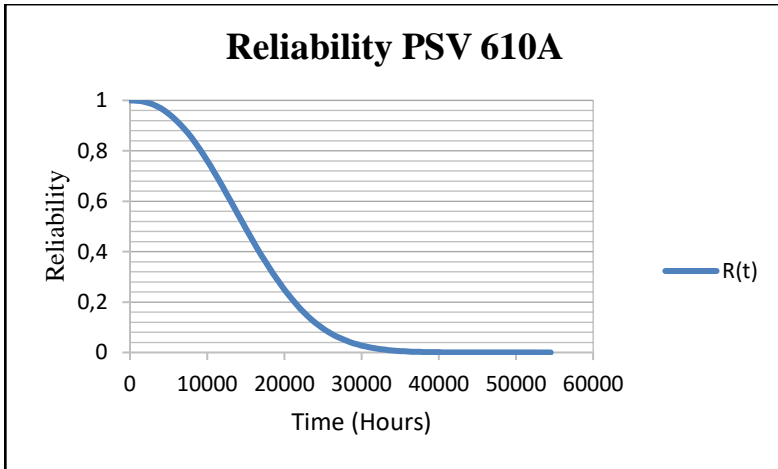
**f. Pressure Safety Valve 610A**

- **Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,3469$  dan  $\eta = 17385$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Pressure Safety Valve 610A* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.36 berikut ini:



**Gambar 4.36** Laju kegagalan *pressure safety valve 610A*



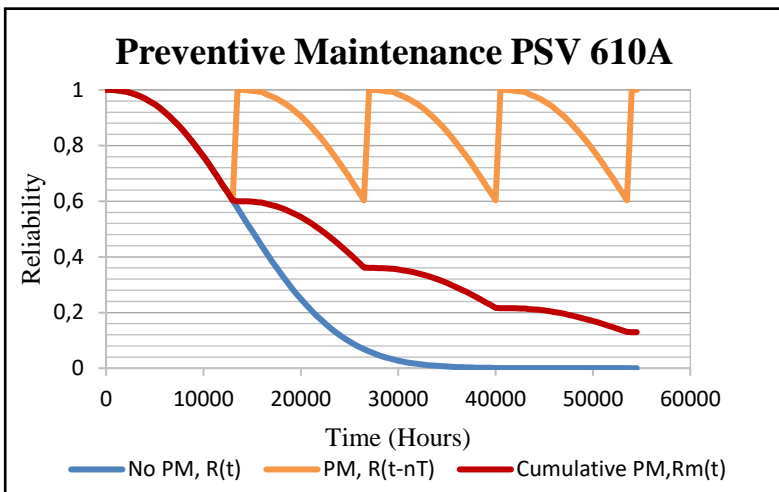
**Gambar 4.37** Keandalan *pressure safety valve 610A*

Dari gambar 4.37 diketahui keandalan *Pressure Safety Valve 610A* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 13000 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Pressure Safety Valve 610A*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 13000 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 4,5725$ ,  $\beta = 1,1346$  dan  $\eta = 2,003$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Pressure Safety Valve 610A* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 13000 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa Preventive Maintenance**

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 13000 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.38 berikut ini:



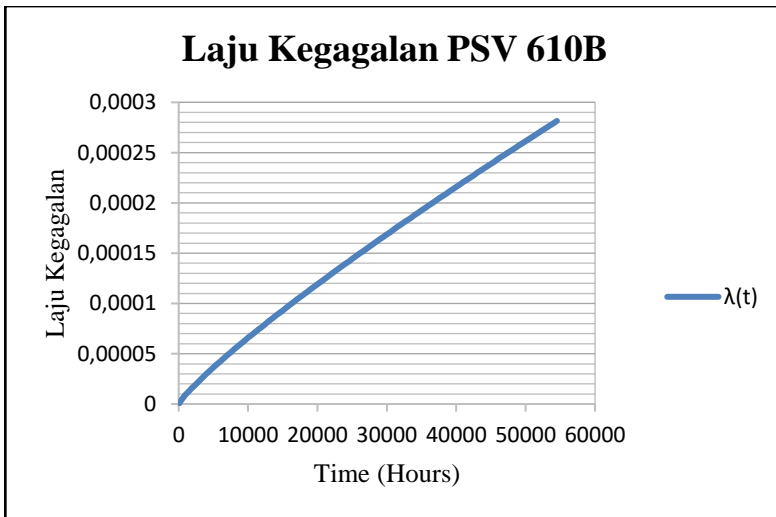
**Gambar 4.38** Keandalan PSV 610A dengan PM

Gambar 4.38 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 13000 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada Pressure Safety Valve 610A. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 13000 jam operasi.

**g. *Pressure Safety Valve 610B***

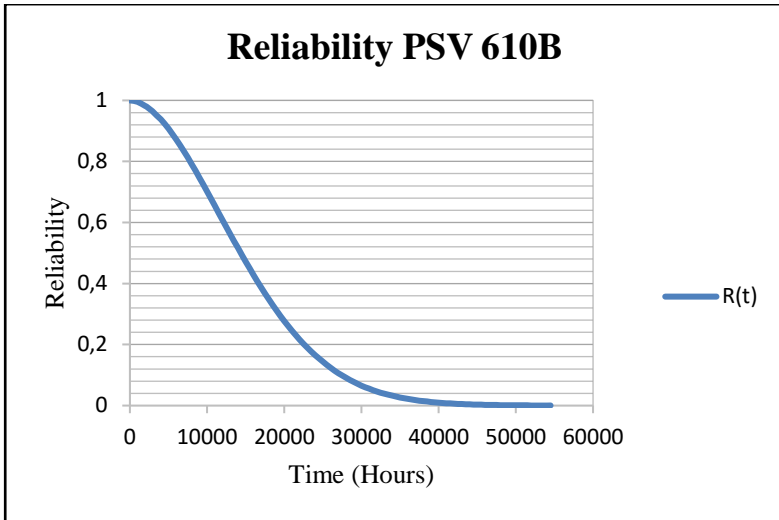
- **Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 1,8573$  dan  $\eta = 17486$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Pressure Safety Valve 610B* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.39 berikut ini:



**Gambar 4.39** Laju Kegagalan *pressure safety valve 610B*





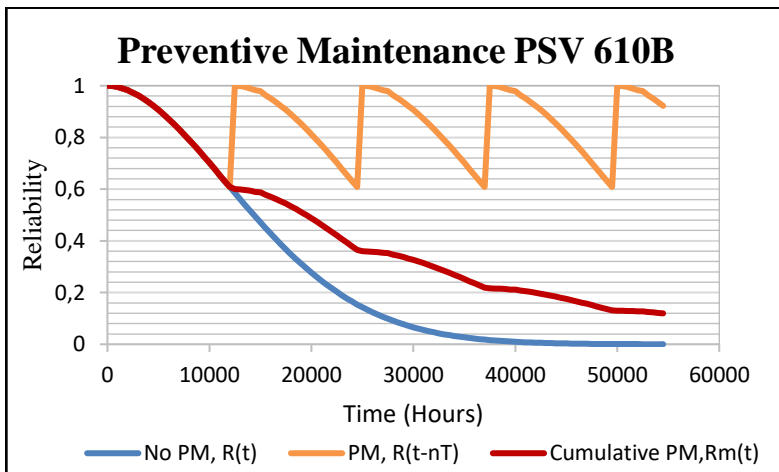
**Gambar 4.40** Keandalan *pressure safety valve 610B*

Dari gambar 4.40 diketahui keandalan *Pressure Safety Valve 610B* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 12000 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Pressure Safety Valve 610B*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 12000 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 2,7475$ ,  $\beta = 2,7576$  dan  $\eta = 4,2533$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Pressure Safety Valve 610B* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 12000 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa Preventive Maintenance**

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 12000 jam operasi, didapatkan nilai keandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.41 berikut ini:



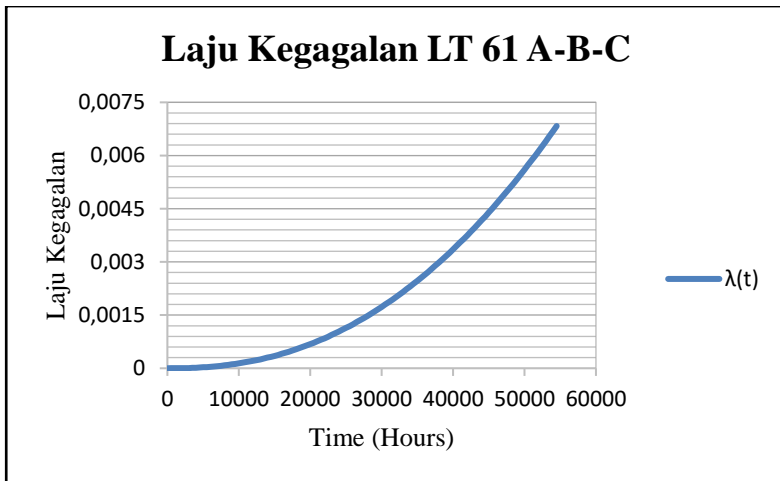
**Gambar 4.41** Keandalan *PSV 610B* dengan PM

Gambar 4.41 menunjukkan keandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 12000 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai keandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Pressure Safety Valve 610B*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 12000 jam operasi.

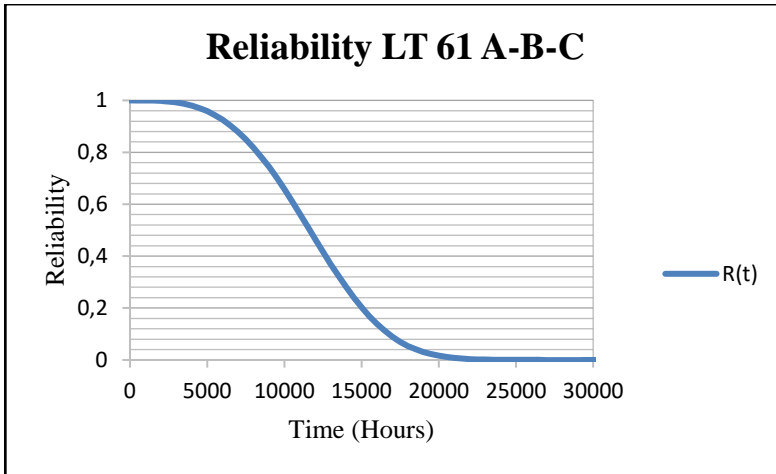
#### h. *Level Transmitter 61A-B-C*

- **Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 3,3003$  dan  $\eta = 13017$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Level Transmitter 61A-B-C* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.42 berikut ini:



**Gambar 4.42** Laju kegagalan *level transmitter 61A-B-C*



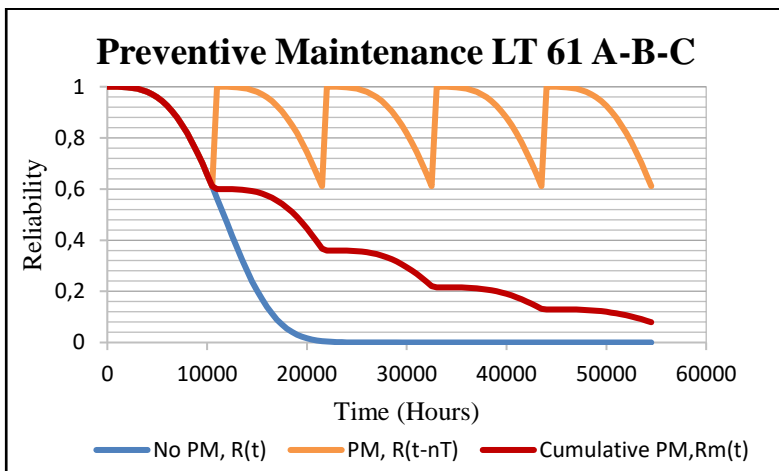
**Gambar 4.43** Keandalan *level transmitter 61A-B-C*

Dari gambar 4.43 diketahui keandalan *Level Transmitter 61A-B-C* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 10500 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Level Transmitter 61A-B-C*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 10500 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 3,4814$  dan  $\eta = 7,108$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.6 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Level Transmitter 61A-B-C* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 10500 jam operasi adalah 0,68. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa Preventive Maintenance**

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 10500 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.44 berikut ini:



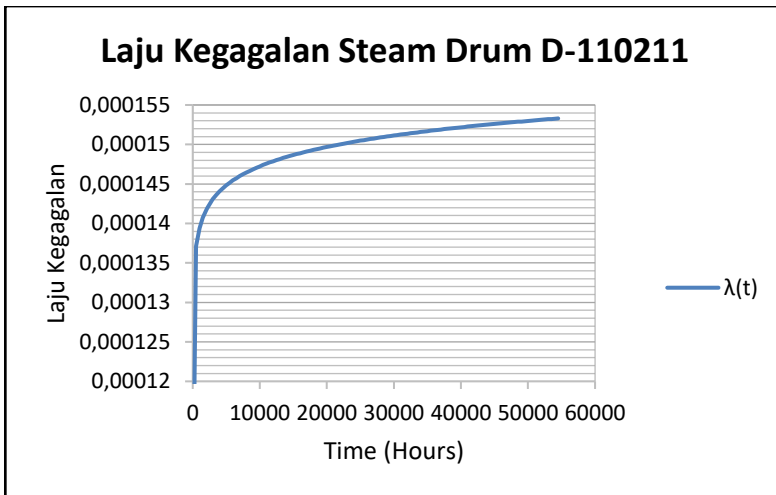
**Gambar 4. 44** Keandalan *LT 61A-B-C* dengan PM

Gambar 4.44 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 10500 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Level Transmitter 61A-B-C*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 10500 jam operasi.

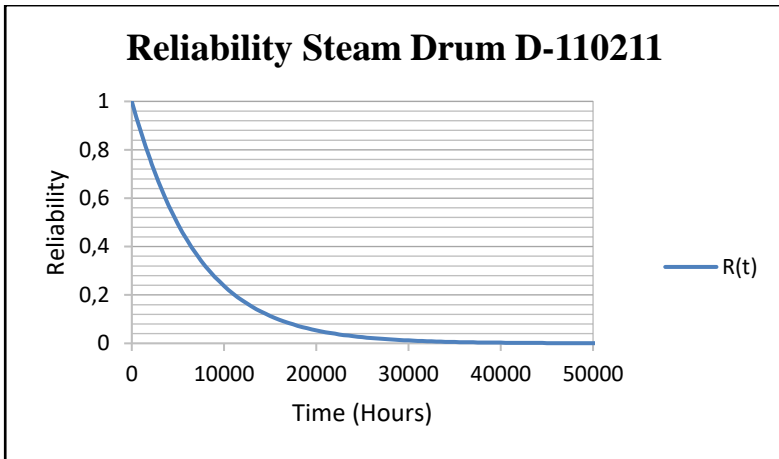
**a. Steam Drum D-110211**

- **Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* pada Lamiparan A.11 didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 1,0238$  dan  $\eta = 7012,61$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Steam Drum D-110211* adalah naik (*increase failure rate*) seperti pada gambar 4.45 berikut ini :



**Gambar 4.45** Laju kegagalan *steam drum D-110211*



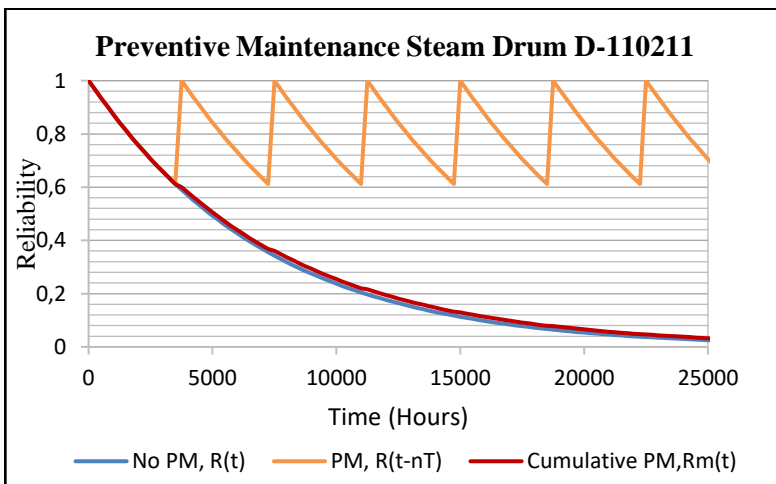
**Gambar 4.46** Keandalan *steam drum D-110211*

Dari gambar 4.46 diketahui keandalan *Steam Drum D-110211* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 3500 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Steam Drum D-110211*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 3500 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Lognormal dengan parameter  $\mu = 1,844$ ,  $\sigma = 0,2133$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.4 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Steam Drum D-110211* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 3500 jam operasi adalah 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa Preventive Maintenance**

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 3500 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu ( $t$ ), seperti ditunjukkan pada gambar 4.47 berikut:

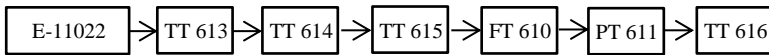


**Gambar 4.47** Keandalan *steam srum D-110211* dengan PM

Gambar 4.47 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 3500 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*, oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* belum optimal untuk dilakukan pada *Steam Drum D-110211*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 3500 jam operasi.



### 4.1.3 Superheater E-11022



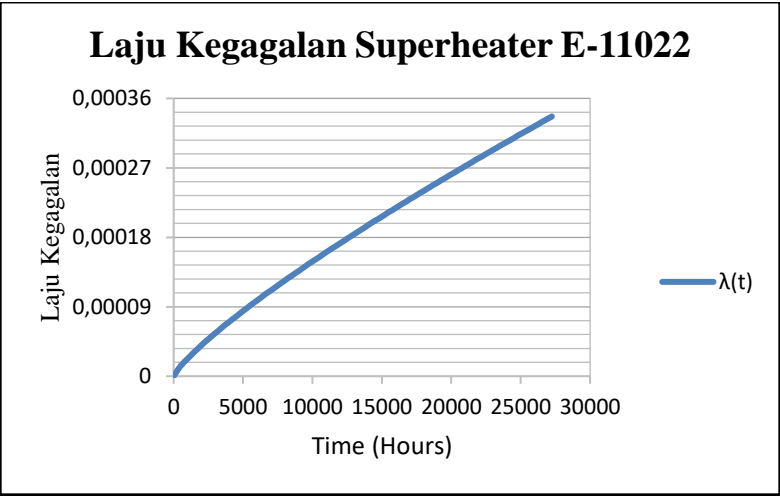
**Gambar 4.48** Diagram blok sistem *superheater E-11022*

*Superheater E11022* mempunyai beberapa komponen penting sebagai pendukung dalam proses operasi yaitu terdiri dari *Temperature Transmitter* dan *Pressure Transmitter*. Evaluasi keandalan komponen tersebut adalah sebagai berikut :

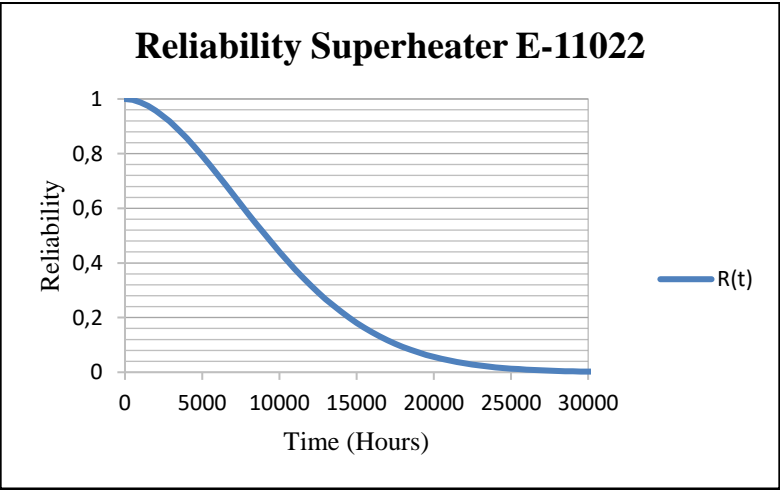
#### a. *Superheater E-11022*

- **Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 1,815$  dan  $\eta = 11162$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam) untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *superheater E-11022* adalah naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.49 berikut ini:



**Gambar 4. 49** Laju kegagalan *superheater E-11022*



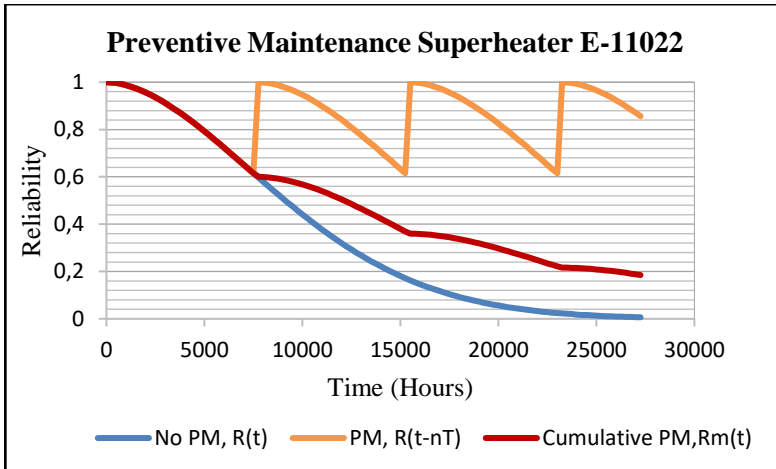
**Gambar 4.50** Keandalan *superheater E-11022*

Dari gambar 4.50 diketahui keandalan *superheater E-11022* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 7500 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Superheater E-11022*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 5000 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 6,835$ ,  $\beta = 0,7199$  dan  $\eta = 1,7312$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Superheater E-11022* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 7500 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- ***Analisa Preventive Maintenance***

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 7500 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.51 berikut:



**Gambar 4.51** Keandalan *superheater E-11022* dengan PM

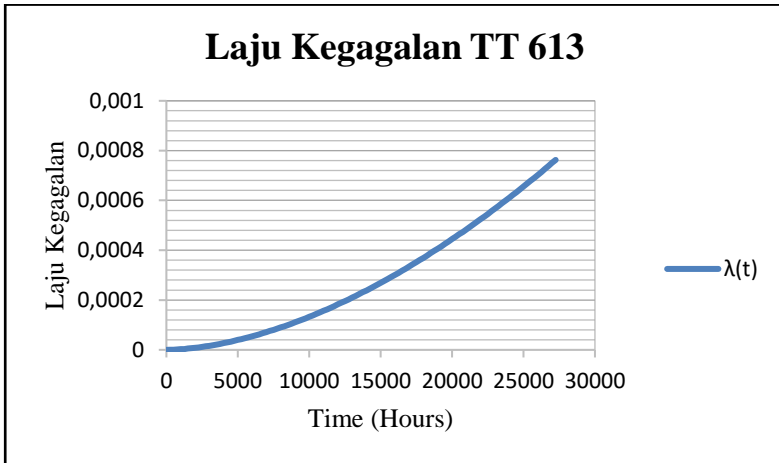
Gambar 4.51 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 7500 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* dari *Superheater E-11022* adalah naik (*increase failure rate*). Oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Superheater E-11022*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule on condition task* pada 7500 jam operasi.

## **b. Temperature Transmitter 613**

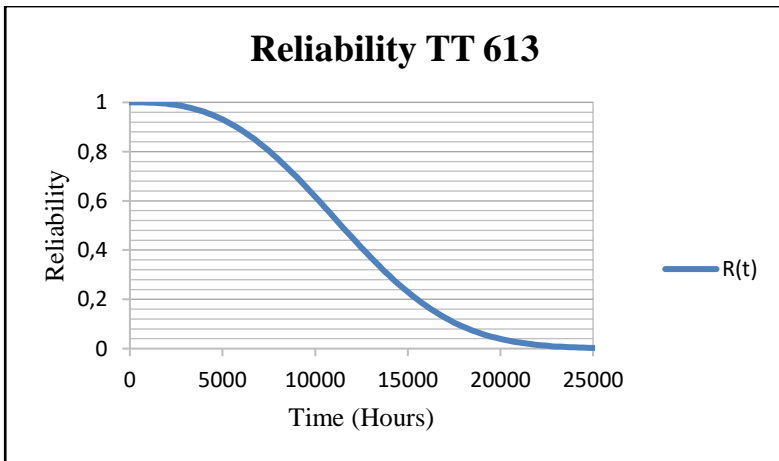
### **• Analisis Keandalan**

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,745$  dan  $\eta = 13035$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Temperature Transmitter 613* adalah

naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.52 berikut ini:



**Gambar 4.52** Laju kegagalan *temperature transmitter 613*



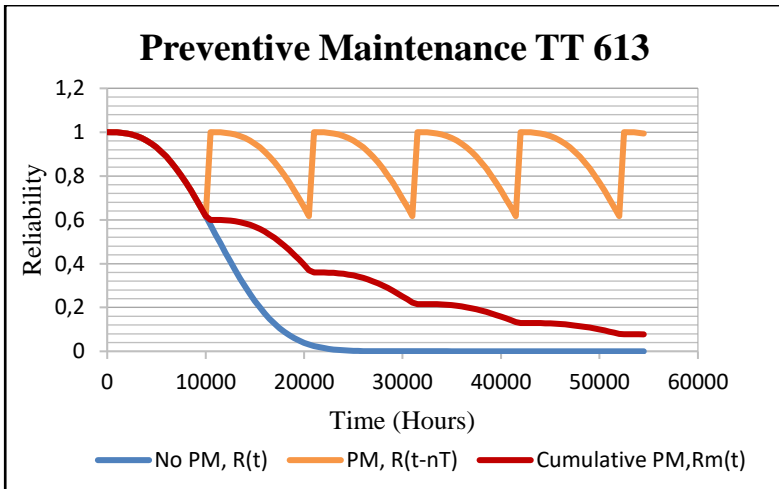
**Gambar 4.53** Keandalan *temperature transmitter 613*

Dari gambar 4.53 diketahui keandalan *Temperature Transmitter 613* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 10000 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Temperature Transmitter 611*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 10000 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 4,885$ ,  $\beta = 0,5521$  dan  $\eta = 0,8532$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Temperature Transmitter 613* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 10000 jam operasi adalah 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa *Preventive Maintenance***

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 10000 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.54 berikut ini:



**Gambar 4.54** Keandalan *TT 613* dengan PM

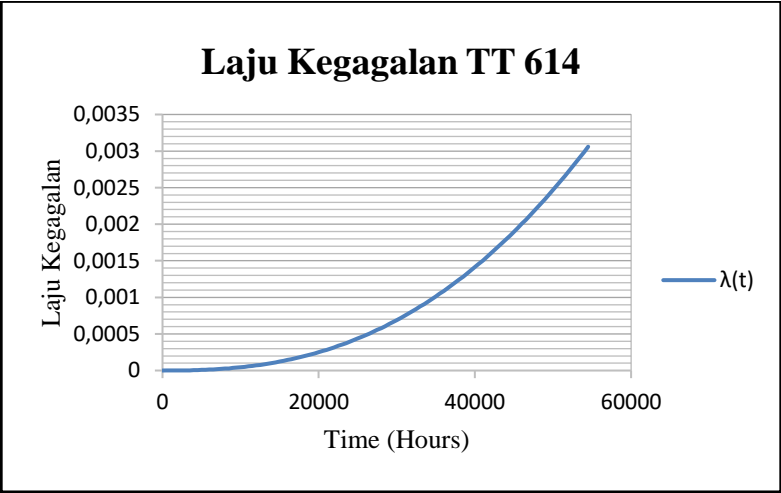
Gambar 4.54 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 10000 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Temperature Transmitter 613*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 10000 jam operasi.

### c. *Temperature Transmitter 614*

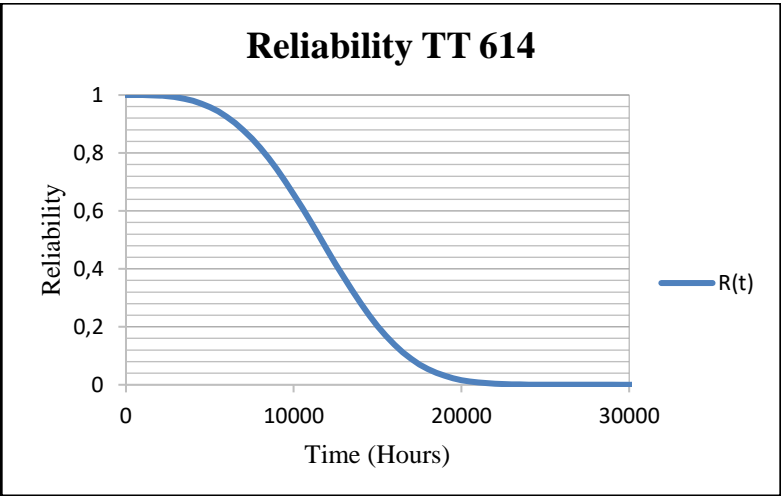
#### • Analisis Keandalan

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 3,4961$  dan  $\eta = 18042$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Temperature Transmitter 614* adalah

naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.55 berikut ini:



**Gambar 4.55** Laju kegagalan *temperature transmitter 614*



**Gambar 4.56** Keandalan *temperature transmitter 614*

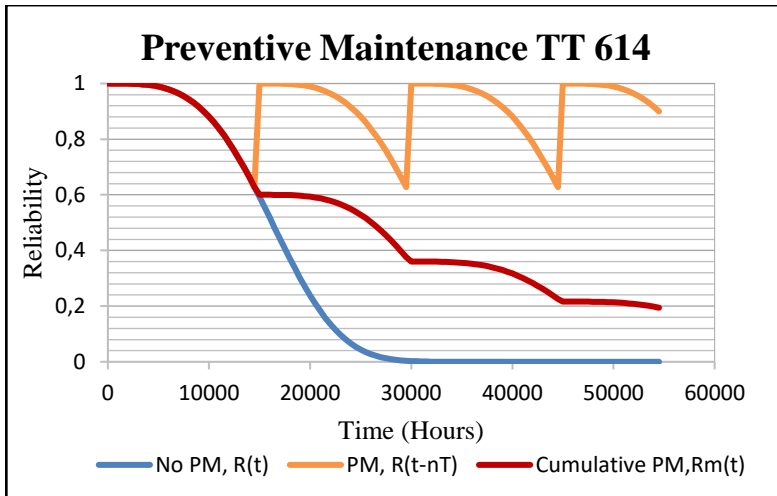


Dari gambar 4.56 diketahui keandalan *temperature transmitter 614* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 14500 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Temperature Transmitter 614*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 14500 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 5,4354$  dan  $\eta = 5,6561$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.6 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Temperature Transmitter 614* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 14500 jam operasi adalah 0,76. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- ***Analisa Preventive Maintenance***

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 14500 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.57 berikut ini:



**Gambar 4.57** Keandalan TT 614 dengan PM

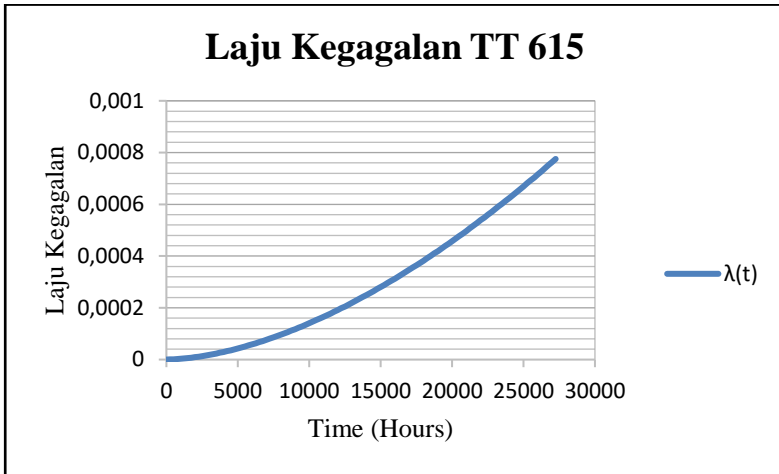
Gambar 4.57 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 14500 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Temperature Transmitter 614*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 14500 jam operasi.

#### d. *Temperature Transmitter 615*

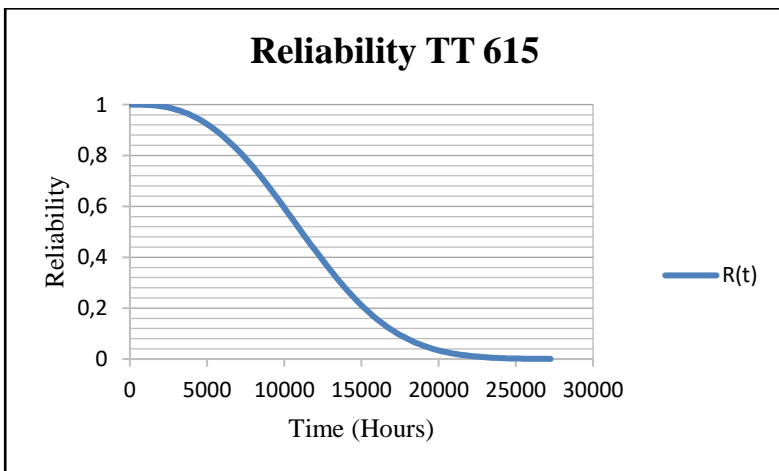
##### • Analisis Keandalan

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure (TTF)* yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,7042$  dan  $\eta = 12741$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). laju kegagalan dari *Temperature Transmitter 615* adalah

naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.58 berikut ini:



**Gambar 4.58** Laju kegagalan *temperature transmitter 615*



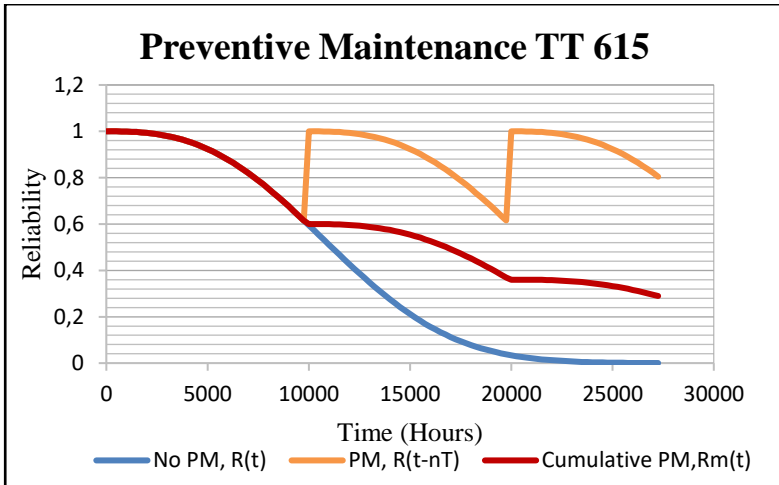
**Gambar 4.59** Keandalan *temperature transmitter 615*

Dari gambar 4.59 diketahui keandalan *Pressure Transmitter 615* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 9750 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Temperature Transmitter 615*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 9750 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 4,585$ ,  $\beta = 0,9051$  dan  $\eta = 2,1206$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Temperature Transmitter 613* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 9750 jam operasi adalah 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa *Preventive Maintenance***

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 9750 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.60 berikut ini:



**Gambar 4.60** Keandalan *TT 615* dengan PM

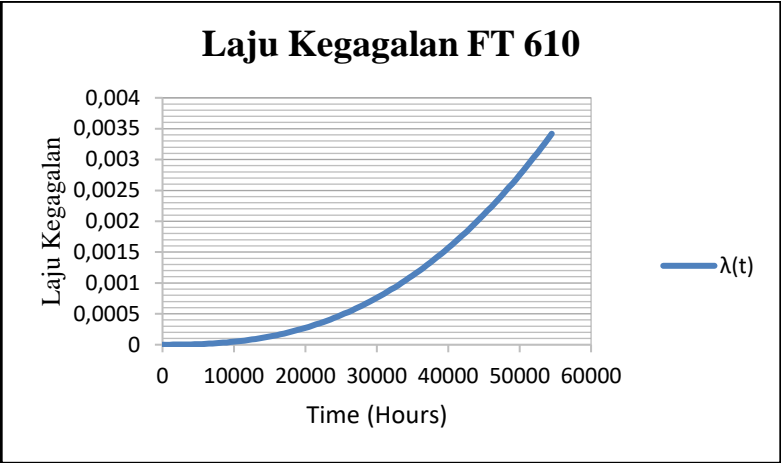
Gambar 4.60 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 9750 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Temperature Transmitter 615*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 9750 jam operasi.

#### e. *Flow Transmitter 610*

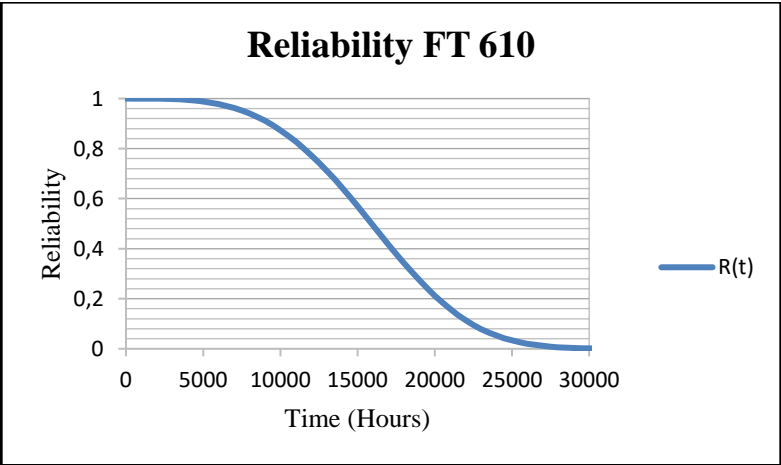
##### • Analisis Keandalan

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,7042$  dan  $\eta = 12741$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Flow Transmitter 610* adalah naik

(*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.61 berikut ini:



**Gambar 4.61** Laju kegagalan *flow transmitter 610*



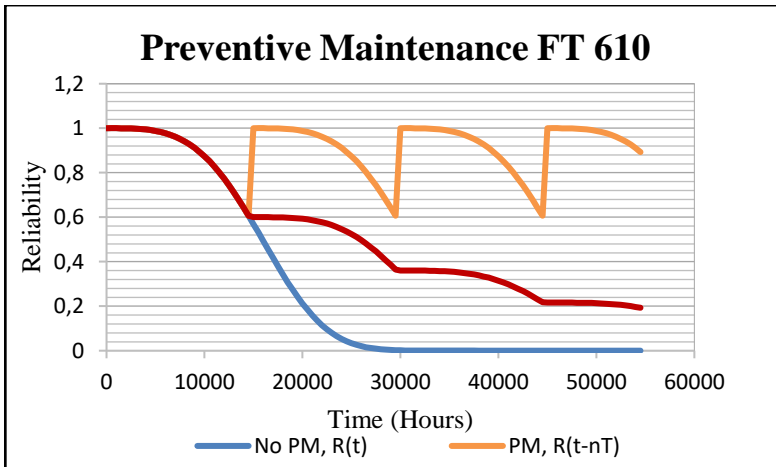
**Gambar 4.62** Keandalan *flow transmitter 610*

Dari gambar 4.62 diketahui keandalan *Flow Transmitter 610* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 14500 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Flow Transmitter 610*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 14500 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Lognormal dengan parameter  $\mu = 1,8688$ ,  $\sigma = 0,0919$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.4 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Flow Transmitter 610* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 14500 jam operasi adalah 0,94. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- ***Analisa Preventive Maintenance***

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 14500 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.63 berikut ini:



**Gambar 4.63** Keandalan *flow transmitter 610* dengan PM

Gambar 4.63 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 14500 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Flow Transmitter 610*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 14500 jam operasi.

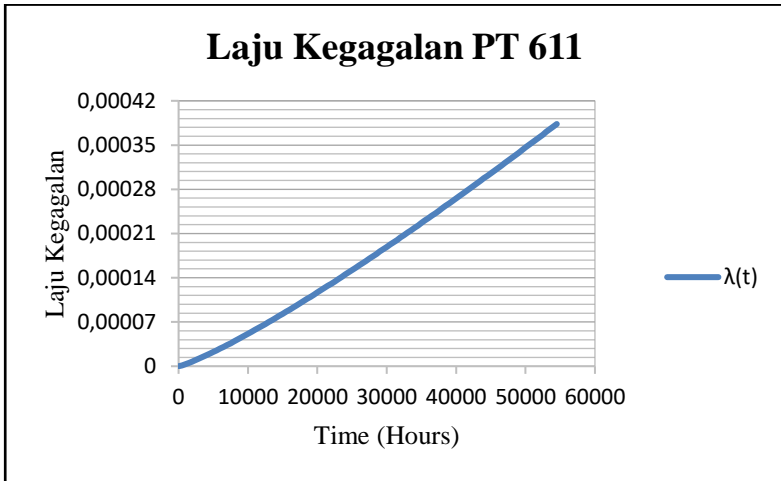
#### f. *Pressure Transmitter 611*

##### • Analisis Keandalan

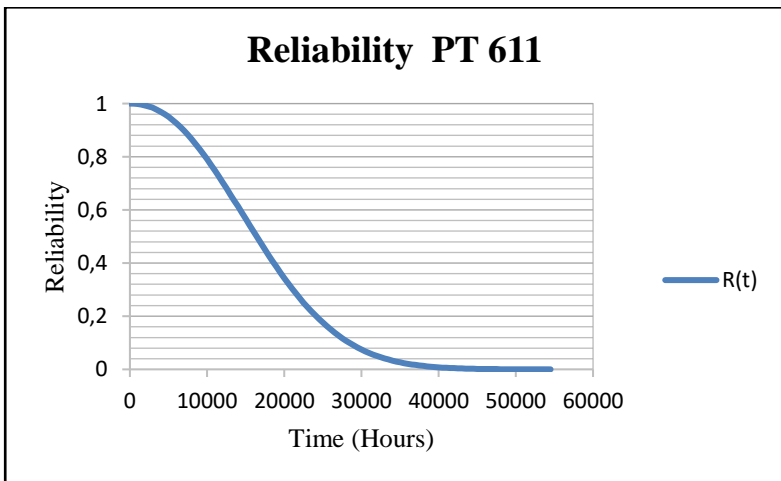
Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,7042$  dan  $\eta = 12741$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). laju kegagalan dari *Pressure Transmitter 611* adalah naik



(*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.64 berikut ini:



**Gambar 4.64** Laju kegagalan *pressure transmitter 611*



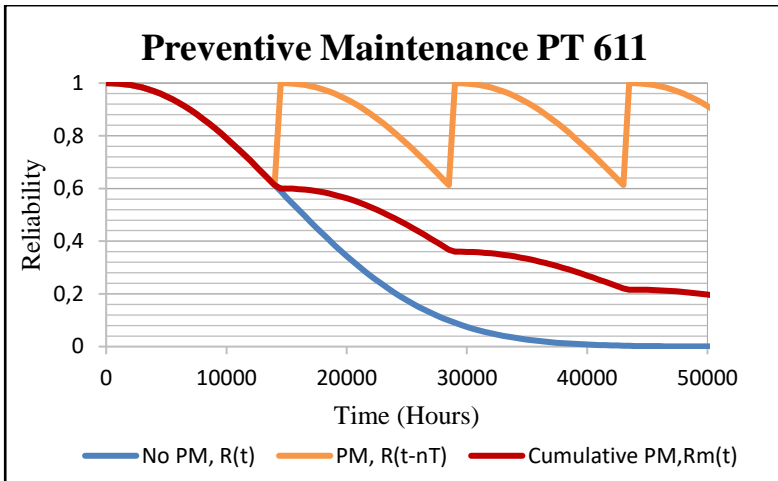
**Gambar 4.65** Keandalan *pressure transmitter 611*

Dari gambar 4.65 diketahui keandalan *Pressure Transmitter 611* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 14000 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Pressure Transmitter 611*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 9750 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 4,585$ ,  $\beta = 0,9051$  dan  $\eta = 2,1206$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Pressure Transmitter 611* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 14000 jam operasi adalah 0,99. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa *Preventive Maintenance***

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 14000 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.66 berikut ini:



**Gambar 4.66** Keandalan *pressure transmitter 611* dengan PM

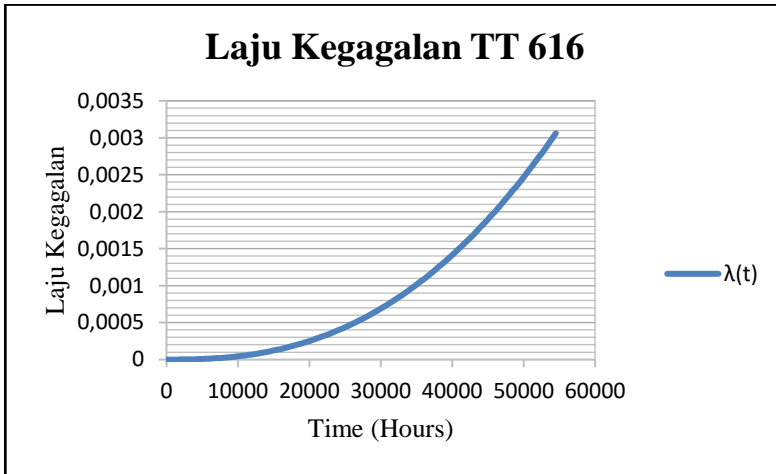
Gambar 4.66 menunjukkan kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 14000 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai kehandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Pressure Transmitter 611*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 14000 jam operasi.

#### g. *Temperature Transmitter 616*

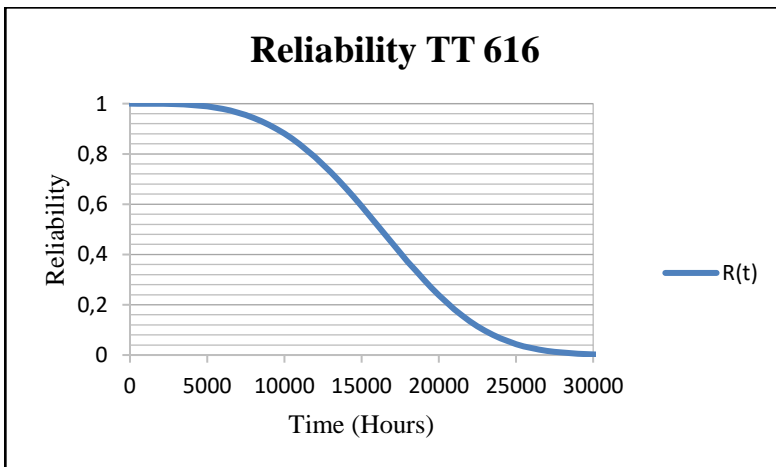
##### • Analisis Keandalan

Berdasarkan data *maintenance record* sebelumnya didapatkan jenis distribusi data untuk kegagalan *Time To Failure* (TTF) yang sesuai yaitu distribusi Weibull II dengan parameter  $\beta = 2,7042$  dan  $\eta = 12741$ . Parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan 2.25 untuk mengetahui keandalan komponen dalam interval waktu (jam). Laju kegagalan dari *Temperature Transmitter 616* adalah

naik (*increasing failure rate*) seperti ditunjukkan pada gambar 4.67 berikut ini:



**Gambar 4.67** Laju kegagalan *temperature transmitter 616*



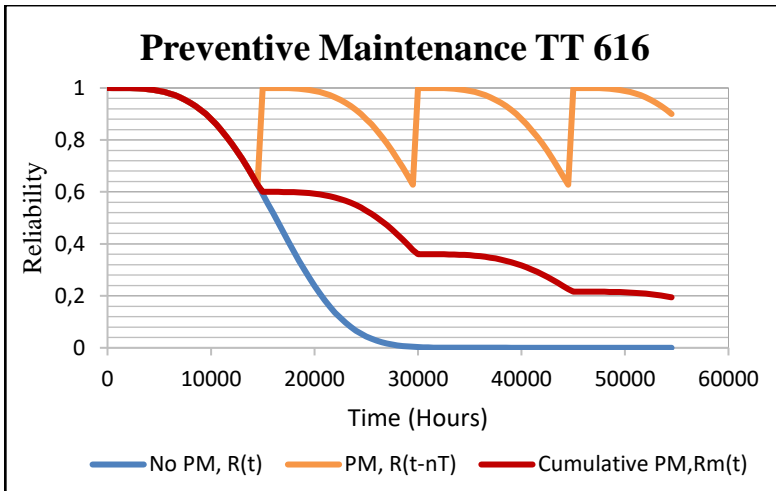
**Gambar 4.68** Keandalan *temperature transmitter 616*

Dari gambar 4.68 diketahui keandalan *Temperature Transmitter 616* pada keandalan 0,6 akan mengalami penurunan saat mencapai 14500 jam operasi. Selain untuk menghitung nilai keandalan *Temperature Transmitter 616*, dari parameter distribusi data TTF didapatkan nilai *availability* dengan interval waktu (jam). Nilai *availability* yang didapatkan pada interval 9750 jam operasi adalah 0,99 sebagaimana tercantum dalam lampiran D.2.

Untuk mencari nilai *maintainability* menggunakan distribusi *Time To Repair* (TTR), dimana distribusi yang sesuai adalah distribusi Weibull III dengan parameter  $\gamma = 4,585$ ,  $\beta = 0,9051$  dan  $\eta = 2,1206$ . Setelah didapat nilai lamda ( $\lambda$ ) maka dimasukkan ke dalam persamaan 2.7 untuk mendapatkan nilai *maintainability* dari *Temperature Transmitter 616* dengan interval waktu (jam), maka didapatkan nilai *maintainability* pada 14500 jam operasi adalah 1. Hasil pengolahan data *availability* dan *maintainability* pada interval waktu (t) dapat dilihat pada lampiran D.3.

- **Analisa *Preventive Maintenance***

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diketahui, maka akan dilakukan evaluasi tentang *preventive maintenance*. Evaluasi tersebut dilakukan pada saat  $R(t)$  0,6 yang berada pada 14500 jam operasi, didapatkan nilai kehandalan dengan *preventive maintenance* dengan interval waktu (t), seperti ditunjukkan pada gambar 4.69 berikut ini:



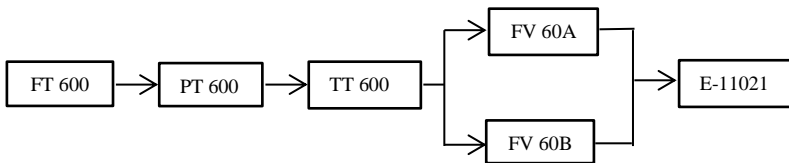
**Gambar 4.69** Keandalan *TT 616* dengan PM

Gambar 4.69 menunjukkan keandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* pada 14500 jam operasi, setelah *preventive maintenance* diterapkan menunjukkan kesamaan nilai keandalan antara sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* maka oleh karena itu kegiatan *preventive maintenance* optimal untuk dilakukan pada *Temperature Transmitter 616*. Sehingga jenis perawatan berupa *schedule restoration task* pada 14500 jam operasi.

## 4.2 Perhitungan Reliability Sistem Boiler B-1102

Untuk mengetahui kehandalan dari *boiler B-1102* diperlukan perhitungan Reliability dari setiap komponen penyusun Boiler *B-1102*. Pada sistem *boiler B-1102* terdapat 3 subsistem yaitu *economizer E-11021*, *steam drum D-110211* dan *superheater E-11022*.

### 4.2.1 Perhitungan Reliability Economizer E-11021



**Gambar 4.70** Reliability *economizer E-11021*

Pada gambar 4.70 terdapat beberapa komponen pendukung dari sistem *economizer E-11021* yaitu *flow transmitter*, *flow valve*, *Pressure transmitter* dan *temperature transmitter* digunakan untuk mengetahui kehandalan dari sistem *economizer E-11021*, perlu diketahui nilai kehandalan dari masing – masing komponen penyusunnya kemudian dilakukan perhitungan reliability total dari sistem *economizer E-11021* sebagai berikut :

Dimana:

$$R_1 = R(\text{Flow Transmitter 600})$$

$$R_2 = R(\text{Pressure Transmitter 600})$$

$$R_3 = R(\text{Temperature Transmitter 600})$$

$$R_4 = R(\text{Flow Valve 60A})$$

$$R_5 = R(\text{Flow Valve 60B})$$

$$R_6 = R \text{ Pararel } (\text{Flow Valve 60A \& 60B})$$

$$R_7 = R(\text{Economizer } E-11021)$$

Nilai keandalan pada operasional selama 3 bulan (2160 jam)

$$R_1 = 0,9938$$

$$R_2 = 0,9715$$

$$R_3 = 0,9918$$

$$R_4 = 0,9630$$

$$R_5 = 0,9630$$

$$\begin{aligned} R_6 &= P(E4 \cup E5) \\ &= 1 - (1 - R_4)(1 - R_5) \\ &= 1 - (1 - 0,9630)(1 - 0,9630) \\ &= 0,9986 \end{aligned}$$

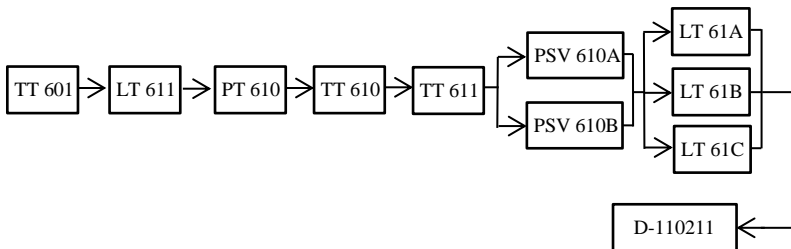
$$R_7 = 0,7085$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} R_{\text{total}} &= P(E1 \cap E2 \cap E3 \cap E6 \cap E7) \\ &= (R_1)(R_2)(R_3)(R_6)(R_7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{total}} &= 0,9938 * 0,9715 * 0,9918 * 0,9886 * 0,7085 \\ &= 0,6774 \end{aligned}$$

#### 4.2.2 Perhitungan Reliability Steam Drum D-110211



**Gambar 4.71** Reliability steam drum D-110211

Pada gambar 4.71 terdapat beberapa komponen pendukung dari sistem steam drum D-110211 yaitu Temperature



*Transmitter, Level Transmitter, Pressure Transmitter dan Pressure Safety Valve*.digunakan untuk mengetahui kehandalan dari sistem *steam drum D-110211*, perlu diketahui nilai kehandalan dari masing – masing komponen penyusunnya kemudian dilakukan perhitungan reliability total dari sistem *steam drum D-110211* sebagai berikut :

Dimana:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= R(\text{Temperature Transmitter 601}) \\
 R_2 &= R(\text{Level Transmitter 611}) \\
 R_3 &= R(\text{Pressure Transmitter 610}) \\
 R_4 &= R(\text{Temperature Transmitter 610}) \\
 R_5 &= R(\text{Temperature Transmitter 611}) \\
 R_6 &= R(\text{Pressure Safety Valve 610A}) \\
 R_7 &= R(\text{Pressure Safety Valve 610B}) \\
 R_8 &= R \text{ Pararel } (\text{Pressure Safety Valve 610A \& 610B}) \\
 R_9 &= R(\text{Level Transmitter 61A}) \\
 R_{10} &= R(\text{Level Transmitter 61B}) \\
 R_{11} &= R(\text{Level Transmitter 61C}) \\
 R_{12} &= R \text{ Pararel } (\text{Level Transmitter 61A, 61B \& 61C}) \\
 R_{13} &= R(\text{Steam Drum E-110211})
 \end{aligned}$$

Nilai keandalan pada operasional selama 3 bulan (2160 jam)

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 0,9918 \\
 R_2 &= 0,9706 \\
 R_3 &= 0,9918 \\
 R_4 &= 0,9897 \\
 R_5 &= 0,9238 \\
 R_6 &= 0,9925 \\
 R_7 &= 0,9764 \\
 R_8 &= P(E6 \cup E7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 - (1 - R_6)(1 - R_7) \\
 &= 1 - (1 - 0,9925)(1 - 0,9764) \\
 &= 0,9998
 \end{aligned}$$

$$R_9 = 0,9973$$

$$R_{10} = 0,9973$$

$$R_{11} = 0,9973$$

$$\begin{aligned}
 R_{12} &= P(E_9 \cup E_{10} \cup E_{11}) \\
 &= 1 - (1 - R_9)(1 - R_{10})(1 - R_{11}) \\
 &= 1 - (1 - 0,9973)(1 - 0,9973)(1 - 0,9973) \\
 &= 0,9999
 \end{aligned}$$

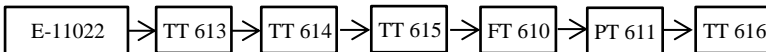
$$R_{13} = 0,7411$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 R_{\text{total}} &= P(E_1 \cap E_2 \cap E_3 \cap E_4 \cap E_5 \cap E_8 \cap E_{12} \cap E_{13}) \\
 &= (R_1)(R_2)(R_3)(R_4)(R_5)(R_8)(R_{12})(R_{13})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{total}} &= 0,9918 * 0,9906 * 0,9918 * 0,9897 * 0,9238 * 0,9998 * \\
 &\quad 0,9999 * 0,74119 \\
 &= 0,6602
 \end{aligned}$$

#### 4.2.3 Perhitungan Reliability Superheater E-11022



**Gambar 4.72** Reliability *superheater E-11022*

Pada gambar 4.72 terdapat beberapa komponen pendukung dari sistem *superheater E-11022* yaitu *Temperature Transmitter* dan *Pressure Transmitter* digunakan untuk mengetahui kehandalan dari sistem *superheater E-11022*, perlu diketahui nilai kehandalan dari masing – masing komponen penyusunnya kemudian dilakukan perhitungan reliability total dari sistem *superheater E-11022* sebagai berikut:

Dimana:

$$R_1 = R(\text{Temperature Transmitter 613})$$

$$R_2 = R(\text{Temperature Transmitter 614})$$

$$R_3 = R(\text{Temperature Transmitter 615})$$

$$R_4 = R(\text{Flow Transmitter 610})$$

$$R_5 = R(\text{Pressure Transmitter 611})$$

$$R_6 = R(\text{Temperature Transmitter 616})$$

$$R_7 = R(\text{Superheater E-11022})$$

Nilai keandalan pada operasional selama 3 bulan (2160 jam)

$$R_1 = 0,9928$$

$$R_2 = 0,9973$$

$$R_3 = 0,9917$$

$$R_4 = 0,9993$$

$$R_5 = 0,9918$$

$$R_6 = 0,9994$$

$$R_7 = 0,9505$$

Sehingga,

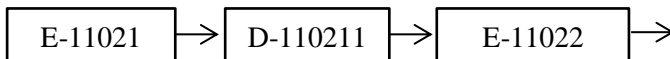
$$R_{\text{total}} = P(E_1 \cap E_2 \cap E_3 \cap E_4 \cap E_5 \cap E_6 \cap E_7)$$

$$= (R_1)(R_2)(R_3)(R_4)(R_5)(R_6)(R_7)$$

$$R_{\text{total}} = 0,9928 * 0,9973 * 0,9917 * 0,9993 * 0,9918 * 0,9994 * 0,9505$$

$$= 0,9244$$

#### 4.2.4 Perhitungan Reliability Sistem Boiler B-1102



**Gambar 4.73** Reliability total sistem boiler B-1102

Pada gambar 4.73 digunakan untuk mengetahui kehandalan dari sistem Boiler B-1102, perlu diketahui nilai kehandalan dari

masing – masing komponen penyusunnya kemudian dilakukan perhitungan reliability total sebagai berikut :

Dimana,

$R_1 = R$  (Economizer E-11021)

$R_2 = R$  (Steam Drum D-110211)

$R_3 = R$  (Superheater E-11022)

Nilai kehandalan pada operasional selama 2160 jam

$R_1 = 0,6774$

$R_2 = 0,6601$

$R_3 = 0,9244$

Sehingga,

$R_{total} = P (E_1 \cap E_2 \cap E_3)$

$= (R_1)(R_2)(R_3)$

$R_{total} = 0,6774 * 0,6601 * 0,9244$

$= 0,4133$

Berdasarkan persamaan diatas diperoleh nilai kehandalan system Boiler B-1102 selama jam operasional 2160 jam adalah 0,4133. Kehandalan sistem B-1102 menurun karena untuk dalam sebuah sistem terdapat beberapa komponen penyusun yang termasuk dalam nilai kehandalan tersebut sedangkan standar petrokimia untuk reliability sistem yaitu 0,6.

### 4.3 Jadwal dan Preventive maintenance

Berikut merupakan jenis perawatan dan jadwal perawatan berdasarkan data *maintenance* PT. Petrokimia Gresik pada nilai keandalan komponen yaitu sebesar 0,6 atau 60% berdasarkan analisa pada sub bab 4.3. Tabel 4.3 dibawah ini menjelaskan interval jadwal perawatan dengan variasi nilai *reliability* 0.6 atau

60%. Dengan asumsi bahwa nilai  $R(t)$  60% masih *reliable* dan sistem masih dapat menjalankan prosesnya. Dari hasil analisa metode kuantitatif adalah pada Tabel 4.3 berikut:

**Tabel 4.3** Preventive maintenance dan interval perawatan

Nama Komponen		Laju Kegagalan ( $\lambda$ )	Interval (Jam) R(t) 0,6
<b>Economizer E-11021</b>	Economizer E-11021	Increase	2750
	Flow Valve 60A	Increase	7000
	Flow Transmitter 600	Increase	8500
	Temperature Transmitter 600	Increase	14000
	Pressure Transmitter 600	Increase	11500
	Flow Valve 60B	Increase	7000
<b>Steam Drum D-110211</b>	Steam Drum D-110211	Increase	3500
	Temperature Transmitter 601	Increase	14000
	Pressure Safety Valve 610A	Increase	13000
	Pressure Safety Valve 610B	Increase	12000

Tabel 4.3 Lanjutan

Nama Komponen	Laju Kegagalan ( $\lambda$ )	Interval (Jam)
		R(t) 0,6
Pressure Transmitter 610	Increase	14000
Temperature Transmitter 610	Increase	10000
Temperature Transmitter 611	Increase	10000
Level Transmitter 61A-B-C	Increase	10500
Level Transmitter 611	Increase	8000
Superheater E-11022	Superheater E-11022 Increase	7500
Temperature Transmitter 613	Increase	10000
Temperature Transmitter 614	Increase	10500
Temperature Transmitter 615	Increase	9750
Temperature Transmitter 616	Increase	14500
Flow Transmitter 610	Increase	14500
Pressure Transmitter 611	Increase	14000

Pada kolom jenis perawatan yaitu ditentukan berdasarkan nilai laju kegagalan ( $\lambda$ ). Untuk jenis laju kegagalan adalah mengalami kenaikan (*increasing failure rate*) dan konstan (*constant failure rate*) didapatkan dari karakteristik distribusinya. Kemudian setelah di preventive maintenance ada hampir semua mengalami kenaikan *reliability*.

#### 4.4 Analisa Kualitatif

Evaluasi kualitatif dilakukan dengan menganalisa penjelasa fungsi sistem serta kegagalan fungsi dari masing – masing komponen utama kemudian diolah kedalam bentuk FMEA (*function and function failure, failure mode and effect*) dan *decicion worksheet*. Berikut merupakan analisa kualitatif yang dilakukan pada sistem pendukung *Boiler B-1102* :

##### 4.4.1 Economizer E-11021

*Economizer E-11021* berfungsi untuk memanaskan air pengisi boiler dengan memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran di dalam boiler. Dengan meningkatnya temperatur air pengisi boiler maka efisiensi boiler juga akan meningkat.

*Functional Failure* merupakan kegagalan *Economizer E-11021* dalam memanaskan air pengisi boiler.

**Tabel 4. 4 F dan FF Economizer E-11021**

<i>Function (F)</i>		<i>Functional Failure (FF)</i>	
1	Memanaskan Feed Water sebelum masuk Steam Drum economizer dioperasikan pada temperatur 167,5 °C - 173,9 °C.	1A	Memanaskan Feed Water sebelum masuk Steam Drum, economizer diooperasikan pada temperatur 167,5 °C -173,9 °C.

*Failure mode and effect analysis* pada unit *economizer E-11021* merupakan kegagalan dari komponen-komponen pendukungnya yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari *Economizer E-11021*. Komponen yang dapat menyebabkan kegagalan pada unit *Economizer E-11021* adalah unit *Tube Economizer*, *Flow Valve 60A/60B*, *Temperature Transmitter 600*, *Pressure Transmitter 600*, dan *Flow Transmitter 600*. Penjelasan kegagalan dari komponen pendukung dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** FM dan FE dari *economizer E-11021*

<i>Failure Modde (FM)</i>		<i>Failure Effect (FE)</i>
<b>1A1</b>	Tube Economizer bocor akibat Korosi Impignment	Fluida feed water tidak dapat terpanaskan secara maksimal. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan dan penggantian material U-bend
<b>1A2</b>	Flow Valve FV (60A/60B) abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Flow valve tidak dapat membuka penuh sehingga aliran feed water ke economizer akan berkurang sehingga mempengaruhi kinerja economizer dalam memanaskan fluida sebelum ke steam drum. operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pada flow valve.
<b>1A3</b>	Temperature Transmitter 600 abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	membraaca suhu dengan baik (abnormal) pada feed water sehingga mempengaruhi kinerja economizer dalam memanaskan fluida. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pada Temperature transmitter.



**Tabel 4.5 Lanjutan**

<b><i>Failure Modde (FM)</i></b>		<b><i>Failure Effect (FE)</i></b>
<b>1A4</b>	Pressure Transmitter 600 abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Pressure Transmitter tidak dapat membaaca tekanan dengan baik (abnormal) pada feed water sehingga mempengaruhi kinerja economizer dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pressure transmitter.
<b>1A5</b>	Flow Transmitter 600 abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Flow Transmitter tidak dapat membaaca tekanan (abnormal) dengan baik pada tubing economizer sehingga mempengaruhi kinerja dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan flow transmitter.

#### 4.4.2 Steam Drum D-110211

*Steam Drum D-110211* berfungsi sebagai tempat penampungan air panas serta tempat terbentuknya uap. *Functional Failure* merupakan kegagalan *Steam Drum D-110211* dalam Memisahkan fluida steam dan fluida cair.

**Tabel 4.6 F dan FF steam drum D-110211**

<b><i>Function (F)</i></b>		<b><i>Functional Failure (FF)</i></b>
<b>2</b>	Untuk Memisahkan fluida steam dan fluida cair. Boiler drum beroperasi pada temperatur 263°C dan pada tekanan 43,7 kg/cm <sup>2</sup>	<b>2A</b> Kondisi steam basah karena Fluida feed water tidak dapat terpanaskan secara maksimal, Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan dengan shutdown Boiler.

*Failure mode and effect analysis* pada unit *Steam Drum D-110211* merupakan kegagalan dari komponen-komponen pendukungnya yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari *Steam Drum D-110211*. Komponen yang dapat menyebabkan kegagalan pada unit *Steam Drum D-110211* adalah unit *Demister Pad*, *Level Transmitter 611 / 61-A-B-C* dan *Pressure Safety Transmitter 610A/610B*. Penjelasan kegagalan dari komponen pendukung dapat dilihat pada tabel 4.7.

**Tabel 4.7** FM dan FE dari *steam drum D-110211*

<i>Failure Modde (FM)</i>		<i>Failure Effect (FE)</i>
<b>2A1</b>	Demister Pad / hold down mesh sobek	Kondisi steam basah karena Fluida feed water tidak dapat terpanaskan secara maksimal, Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan dengan shutdown Boiler.
<b>2A2</b>	LT 611 Tidak dapat mengindikasikan Level steam drum front side	Level Transmitter tidak dapat membaaca ketinggian level fluida dalam steam drum front side dengan baik (abnormal) sehingga mempengaruhi kinerja dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan Level Transmitter.
<b>2A3</b>	LT 61 A-B-C Tidak dapat mengindikasikan Level steam drum rear side	Level Transmitter tidak dapat membaaca ketinggian level fluida dalam steam drum rear side dengan baik (abnormal) sehingga mempengaruhi kinerja dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE.

**Tabel 4.7 Lanjutan**

<b><i>Failure Modde (FM)</i></b>		<b><i>Failure Effect (FE)</i></b>
		Dilakukan perbaikan Level Transmitter.
<b>2A4</b>	Pressure Safety Valve 610A/610B abnormal (tidak dapat bekerja dengan baik)	Pressure Safety Valve pada steam drum tidak dapat membuka penuh sehingga pressure pada steam drum meningkat dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pressure Pressure Safety Valve

#### 4.4.3 Superheater E-11022

*Superheater E-11022 berfungsi untuk pengeringan steam, dikarenakan uap yang berasal dari steam drum D-110211 masih dalam keadaan basah sehingga harus dikeringkan agar sesuai dengan spesifikasi untuk proses selanjutnya.*

*Functional Failure merupakan kegagalan superheater E-11022 dalam pengeringan steam yang masih basah dari Steam drum D-110211.*

**Tabel 4.8 F dan FF superheater E-11022**

<b><i>Function (F)</i></b>	<b><i>Functional Failure (FF)</i></b>
<b>3</b> Meningkatkan temperatur steam high pressure. Superheater dioperasikan pada temperatur 472°C dan pada tekanan 43,7 kg/cm <sup>2</sup>	<b>3A</b> tidak dapat meningkatkan temperature high presure Steam pada temperature 472°C dan pada tekanan 43,7 kg/cm <sup>2</sup>

*Failure mode and effect analysis* pada unit *superheater E-11022* merupakan kegagalan dari komponen-komponen pendukungnya yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari *superheater E-11022*. Komponen yang dapat menyebabkan kegagalan pada unit *superheater E-11022* adalah unit *tube superheater*, *temperature transmitter 613/614/615/616*, *pressure transmitter 611* dan *flow transmitter 610*. Penjelasan kegagalan dari komponen pendukung dapat dilihat pada tabel 4.9.

**Tabel 4.9** FM dan FE dari *superheater E-11022*

<i>Failure Modde (FM)</i>	<i>Failure Effect (FE)</i>
<b>3A1</b> Tube Superheater bocor	Steam dari Steam Drum tidak dapat terpanaskan secara maksimal sehingga tidak dapat menghasilkan <i>steam</i> yang benar-benar kering. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pada tube superheater.
<b>3A2</b> Temperature Transmitter 613/614/615/616 abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Temperature Transmitter tidak dapat membaaca suhu dengan baik (abnormal) pada leakage sehingga mempengaruhi kinerja superheater dalam memanaskan kembali steam dari steam drum. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pada Temperature transmitter.
<b>3A3</b> Pressure Transmitter 611 abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Pressure Transmitter tidak dapat membaaca tekanan dengan baik (abnormal) pada leakage sehingga mempengaruhi kinerja superheater dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak

**Tabel 4.9 Lanjutan**

<b><i>Failure Modde (FM)</i></b>		<b><i>Failure Effect (FE)</i></b>
		SHE. Dilakukan perbaikan pressure transmitter.
<b>3A4</b>	Flow Transmitter 610 abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Flow Transmitter tidak dapat membaaca tekanan dengan baik (abnormal) pada leakage sehingga mempengaruhi kinerja superheater dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan flow transmitter.

#### **4.4.4 *Decission worksheet* system Boiler B-1102**

*Decision worksheet* pada metode RCM II merupakan penentuan dampak kegagalan dan tindakan pencegahan yang dilakukan serta interval waktu yang dilakukan untuk melakukan tindakan pencegahan. Di dalamnya terdiri dari *RCM reference* yang didapatkan dari FMEA, *consequence evaluation* adalah konsekuensi yang didapatkan akibat kegagalan fungsi, default task merupakan penentuan tindakan yang akan dilakukan, dan *recommendation action* merupakan perencanaan tindakan (*scheduled restoration, schedule on condition, schedule discard*) yang dilakukan serta initial interval yang digunakan untuk menentukan waktu dari tindakan yang dilakukan.

**Tabel 4.10** *Decission worksheet sistem boiler B-1102*

<i>RCM Reference</i>			<i>Condequence Evaluation</i>				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	<i>Default Task</i>		
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4
1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y				
1	A	2	Y	N	N	Y	N	Y				
1	A	3	Y	N	N	Y	Y					
1	A	4	Y	N	N	Y	Y					
1	A	5	Y	N	N	Y	Y					
2	A	1	Y	N	N	Y	N	Y				
2	A	2	Y	N	N	Y	N	N	Y			
2	A	3	Y	N	N	Y	N	N	Y			
2	A	4	Y	Y			N	N	Y			
3	A	1	Y	Y			N	N	Y			
3	A	2	Y	N	N	Y	Y					
3	A	3	Y	Y	N	Y	Y					
3	A	4	Y	N	N	Y	Y					

Dari Tabel 4.10 menjelaskan tentang consequence evaluation yang terdapat dalam RCM II *Decission Diagram* yaitu konsekuensi kegagalan tersembunyi (H), konsekuensi keselamatan dan lingkungan hidup (S dan E), konsekuensi operasional (O), dan konsekuensi non operasional (N). selanjutnya yaitu merekomendasikan tindakan yang akan dilakukan ketika terjadi kegagalan fungsi. Untuk penjelasan selengkapny terdapat pada tabel 4.11 berikut:

**Tabel 4.11** *Recommendation action dan initial interval*

<i>RCM Reference</i>			<i>Recommendation Action</i>	<i>Frequency</i>
F	FF	FM		
1	A	1	<i>Do the scheduled restoration task</i>	1 tahun (Shut Down)
1	A	2	<i>Do the scheduled restoration task</i>	3 bulan
1	A	3	<i>Do on condition task</i>	1 bulan
1	A	4	<i>Do on condition task</i>	1 bulan
1	A	5	<i>Do on condition task</i>	1 bulan
2	A	1	<i>Do the scheduled restoration task</i>	1 tahun (Shut Down)
2	A	2	<i>Do the scheduled discard task</i>	6 bulan
2	A	3	<i>Do the scheduled restoration task</i>	6 bulan
2	A	4	<i>Do the scheduled discard task</i>	6 bulan
3	A	1	<i>Do the scheduled discard task</i>	1 tahun (Shut Down)
3	A	2	<i>Do on condition task</i>	1 bulan
3	A	3	<i>Do on condition task</i>	1 bulan
3	A	4	<i>Do on condition task</i>	1 bulan

*Halaman ini sengaja dikosngkan*



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dari seluruh hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Nilai kehandalan  $R(t)$  sistem *boiler B-1102* yaitu 0,4133 selama jam operasional 2160 jam dari kurun waktu operasi tahun 2010 sampai dengan 2016.
- b. Penjadwalan perawatan pada sistem *boiler B-1102* yang efektif guna meningkatkan kehandalan komponen dan mencegah terjadinya kejadian kegagalan adalah sebagai berikut :
  - *Economizer E-11021* (2750 jam operasi)
    - *flow falve 60A* (7000 jam operasi)
    - *flow transmitter 600* (8500 jam operasi)
    - *Temperature transmitter 600* (14000 jam operasi)
    - *pressure transmitter 600* (11500 jam operasi)
    - *flow valve 60B* (7000 jam operasi)
  - *Steam drum D-110211* (3500 jam operasi)
    - *Temperature transmitter 601* (14000 jam operasi)
    - *Pressure safety valve 610A* (13000 jam operasi)
    - *Pressure safety valve 610B* (12000 jam operasi)
    - *Pressure transmitter 610* (14000 jam operasi)
    - *Temperature transmitter 610* (10000 jam operasi)
    - *Temperature transmitter 611* (10000 jam operasi)
    - *Level transmitter 61A-B-C* (10500 jam operasi)
    - *Level transmitter 611* (8000 jam operasi)
  - *Superheater E-11022* (7500 jam operasi)
    - *Temperature transmitter 613* (10000 jam operasi)
    - *Temperature transmitter 614* (10500 jam operasi)

- *Temperature transmitter 615* (9750 jam operasi)
  - *Temperature transmitter 616* (14500 jam operasi)
  - *Flow transmitter 610* (14500 jam operasi)
  - *Pressure transmitter 611* (14000 jam operasi)
- c. Usaha pencegahan guna mengantisipasi terjadinya kegagalan dapat dilakukan tindakan pemeliharaan berupa.
1. Dilakukan perbaikan pada unit *boiler B-1102* yang mengalami deformasi pada saat shutdown dan *cleaning* katalis pada *steam drum* 2 tahun sekali.
  2. Dilakukan *on condition monitoring* pada Transmitter (LT,FT,TT dan PT).
  3. Cek *looping valve* (FV, LV dan PSV) dan perbaikan setiap shutdown (setahun sekali).
  4. Dilakukan penggantian *demister Pad* saat shutdown (2 tahun sekali).
  5. Dilakukan perbaikan *tube economizer* dan *tube superheater* setiap shutdown (setahun sekali).

## 5.2 Saran

Untuk langkah selanjutnya yang dapat dilakukan dalam mengembangkan penelitian ini yaitu dapat melakukan penentuan interval perawatan berdasarkan analisis keuangan (*cost*) serta dampak yang terjadi pada produksi jika terjadi kegagalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Backlund, F. (2003). Managing the Introduction of Reliability-Centered Maintenance, RCM.
- Dhillon, B. S. (1997). Reliability, Quality, and Safety for Engineers. New York: CRC.
- Ebeling, C. E. (1997). An Introduction to Reliability and maintainability Engineering. Dalam T. McGraw (Penyunt.). New York, USA: Hill Companies.
- ETI, M.C.; S.O.T. OGAJI and S.D. PROBERT. (2006). Development and Implementation of Preventive Maintenance Practices in Nigerian Industries. *Applied Energy*, 1163-1179.
- Islam, A. H. (2010). Reliability Centered Maintenance Methodology and Application A Case Study.
- Li, Dacheng; Jinji Gao. (2010). Study and Application of Reliability Centered Maintenance Considering Radical Miantenance. *Journal of Loss Prevention in the Proccess Industries*, 622-629.
- Moubray, J. (2000). Reliability Centered Maintenance II. North Carolina, United States of America: Industrial Press Inc.
- Petrokimia, P. (2012). (PT. Petrokimia Gresik) Diambil kembali dari [www. petrokimia-gresik.com](http://www.petrokimia-gresik.com).

*Halaman ini sengaja dikosngkan*

# LAMPIRAN A

## Surat Keterangan Penelitian



**PETROKIMIA  
GRESIK**

Kepada : Yth. Ketua Fakultas Teknologi Industri – ITS  
*kajur\_tfisika@its.ac.id*  
Dari : Dep. Pengembangan SDM PT. Petrokimia Gresik  
*prakerin@petrokimia-gresik.com*  
Nomor : 730 /NK.02.02/03/MKP/2016  
Perihal : **Konfirmasi Bimbingan Penelitian**  
Tanggal : 13 Oktober 2016  
Jml. Halaman : 1 (satu) berkas

Menanggapi surat Saudara nomor 000570/IT2.2.1.4/PP/2016 tertanggal 28 September 2016 perihal Permohonan Mahasiswa Bimbingan Penelitian / Tugas Akhir atas nama :

NO	NAMA	NIM	JURUSAN
1	Mochamad Wahyu Dono	2414106030	Teknik Fisika FTI - ITS

dengan ini disampaikan bahwa permohonan saudara bisa kami terima mulai tanggal **01/02/2017 s.d. 28/02/2017**. Selama melaksanakan kegiatan di PT Petrokimia Gresik akan dibimbing oleh sdr. **Angga Saputra**. Bagian TA & Reliabilitas I.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

PT. Petrokimia Gresik  
Manager Pengembangan SDM

  
  
**Chursiana Luthfa**  
LS/Mr/Ptr

## LAMPIRAN B



### LEMBAR VALIDASI DATA TUGAS AKHIR PT. PETROKIMIA GRESIK

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir:

Nama	: Mochamad Wahyu Dono
NRP	: 2414.106.030
Fakultas	: Fakultas Teknologi Industri (FTI)
Jurusan	: S1 Teknik Fisika
Universitas	: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Judul Tugas akhir	: Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Boiler B-1102 di Pabrik I PT. Petrokimia Gresik

Merupakan data tahun 2010 hingga Maret 2016 yang bersumber dari bagian *Reliability*, Departemen Pemeliharaan Pabrik I, PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur. Adapun dalam hal ini acuan nilai *Reliability* ( $R(t)$ ) yang digunakan PT. Petrokimia Gresik adalah sebesar 0,6 di mana setiap komponen akan di-*maintain* sebelum mencapai nilai keandalan tersebut.

Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Gresik, 12 April 2017

Pembimbing Lapangan

  
  
Angga Saputra, S.T.  
Divisi *Reliability*, Pemeliharaan  
Pabrik I, PT. Petrokimia Gresik



## LEMBAR VALIDASI DATA TUGAS AKHIR PT. PETROKIMIA GRESIK


Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir:

Nama : Mochamad Wahyu Dono  
NRP : 2414.106.030  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri (FTI)  
Jurusan : S1 Teknik Fisika  
Universitas : Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Judul Tugas akhir : Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Boiler B-1102 di Pabrik I PT. Petrokimia Gresik

Merupakan data wawancara terhadap operator bagaian mekanik dan elektrik pada sistem Boiler B-1102 di Pabrik I, PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur. Data tersebut digunakan untuk pengerjaan FMEA dan decision worksheet (Lampiran F dan G).

Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Gresik, 12 April 2017  
Pembimbing Lapangan

  
  
**Angga Saputra, S.T.**  
Divisi Reliability, Pemeliharaan  
Pabrik I, PT. Petrokimia Gresik



## LEMBAR VALIDASI DATA TUGAS AKHIR PT. PETROKIMIA GRESIK

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir:

Nama : Mochamad Wahyu Dono  
NRP : 2414.106.030  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri (FTI)  
Jurusan : S1 Teknik Fisika  
Universitas : Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Judul Tugas akhir : Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Boiler B-1102 di Pabrik I PT.Petrokimia Gresik

Merupakan data maintenance yang terdiri dari data kerusakan, TTF (*Time To Failure*) dan data TTR (*Time To Repair*) tiap komponen (Lampiran C) pada sistem Boiler B-1102 di PT.Petrokimia Gresik yang bersumber dari bagian *Reliability*, Departemen Pemeliharaan Pabrik I, PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur.

Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Gresik, 12 April 2017

Pembimbing Lapangan

  
  
**PETROKIMIA GRESIK**  
**Angga Saputra, ST.**  
**DEP. PENGEMBANGAN SDM**  
Divisi *Reliability*, Pemeliharaan  
Pabrik I, PT. Petrokimia Gresik



## LAMPIRAN C

Pada lapiran ini tercantum data maintenance untuk masing-masing unit atau komponen dari proses pendukung *Boiler B-1102* yaitu sebagai berikut :

### 1. *Economizer E-11021*

**Table A1.** Perhitungan TTF dan TTR *Economizer E-11021*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	11/03/2010 (07:00)	11/03/2010 (15:00)	0	8
2	14/05/2010 (07:00)	14/05/2010 (15:00)	1536	8
3	19/02/2011 (10:00)	19/02/2011 (14:00)	6744	4
4	18/08/2011 (09:00)	18/08/2011 (14:00)	4320	5
5	14/01/2012 (08:00)	14/01/2012 (15:00)	3576	7
6	01/04/2012 (09:00)	01/04/2012 (14:00)	1872	5
7	28/11/2012 (08:00)	28/11/2012 (15:00)	5784	7
8	28/12/2012 (08:00)	28/12/2012 (15:00)	720	7
9	18/04/2013 (09:00)	18/04/2013 (15:00)	2664	6
10	13/11/2013 (07:00)	13/11/2013 (15:00)	5016	8
11	29/01/2014 (09:00)	29/01/2014 (15:00)	1848	6
12	27/04/2014 (07:00)	27/04/2014 (15:00)	2112	8
13	18/05/2015 (07:00)	18/05/2015 (16:00)	9264	9
Jumlah			45456	88
Rata-Rata			3496,61	6,76

**Table A2.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Economizer E-11021*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	67,3200163
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,23180148
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	2,43290835
2	Lognormal	0,60144325

**a. Flow Transmitter 600**

**Table A3.** Perhitungan TTF dan TTR *Flow Transmitter 600*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	12/04/2010 (07:00)	12/04/2010 (15:00)	0	8
2	07/01/2011 (07:00)	07/01/2011 (15:00)	6480	8
3	05/01/2012 (09:00)	05/01/2012 (14:00)	8712	5
4	14/05/2013 (08:00)	14/05/2013 (14:00)	11880	6
5	12/02/2014 (07:00)	12/02/2014 (11:00)	6576	4
6	21/09/2015 (07:00)	21/09/2015 (12:00)	14064	5
Jumlah			47712	36
Rata-Rata			7952	6

**Table A4.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *FT 600*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	86,7590874
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	1,80363465
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	3,39552526
2	Lognormal	1,97965428

**b. Pressure Transmitter 600**

**Table A5.** Perhitungan TTF dan TTR *Pressure Transmitter 600*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	18/01/2010 (08:00)	18/01/2010 (16:00)	0	8
2	12/01/2011 (10:00)	12/01/2011 (16:00)	8616	6
3	21/02/2012 (08:00)	21/02/2012 (14:00)	9720	6
4	11/05/2015 (07:00)	11/05/2015 (14:00)	28200	7
Jumlah			46536	27
Rata-Rata			11634	6,75

**Table A6.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Pressure Transmitter 600*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	19,2493913
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	1,53797614
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	2,93768919
2	Lognormal	2,31875299

**c. *Temperature Transmitter 600***

**Table A7.** Perhitungan TTF dan TTR *Temperature Transmitter 600*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	31/03/2010 (07:00)	31/03/2010 (15:00)	0	8
2	31/05/2011 (08:00)	31/05/2011 (14:00)	10224	6
3	28/02/2013 (08:00)	28/02/2013 (15:00)	15336	7
4	31/12/2015 (07:00)	31/12/2015 (15:00)	24864	8
Jumlah			50424	29
Rata-Rata			12606	7,25

**Table A8.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Flow Valve 60A*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	72,4563867
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,8400679
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	3,69318793
2	Lognormal	3,42834929

**d. Flow Valve 60A**

**Table A9.** Perhitungan TTF dan TTR *Flow Valve 60A*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	15/01/2010 (07:00)	15/01/2010 (15:00)	0	8
2	13/01/2011 (07:00)	13/01/2011 (15:00)	8712	8
3	12/07/2011 (08:00)	12/07/2011 (12:00)	4320	4
4	09/01/2012 (08:00)	09/01/2012 (13:00)	4344	5
5	30/12/2013 (08:00)	30/12/2013 (15:00)	17304	7
6	09/02/2015 (08:00)	09/02/2015 (13:00)	9744	5
7	24/01/2016 (08:00)	24/01/2016 (15:00)	8376	7
Jumlah			52800	44
Rata-Rata			7542,85	6,28

**Table A10.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Flow Valve 60A*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	19,2493913
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	1,53797614
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	2,93768919
2	Lognormal	2,31875299

**e. Flow Valve 60B**

**Table A11.** Perhitungan TTF dan TTR *Flow Valve 60B*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	15/01/2010 (07:00)	15/01/2010 (15:00)	0	8
2	13/01/2011 (08:00)	13/01/2011 (13:00)	8712	5
3	12/07/2011 (08:00)	12/07/2011 (13:00)	4320	5
4	09/01/2012 (08:00)	09/01/2012 (13:00)	4344	5
5	18/02/2013 (08:00)	18/02/2013 (13:00)	9744	5

**Table A11. Lanjutan**

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
6	09/02/2015 (08:00)	09/02/2015 (14:00)	17304	6
7	24/01/2016 (07:00)	24/01/2016 (15:00)	8376	7
Jumlah			52800	41
Rata-Rata			7542,85	5,85

**Table A12. Hasil Keluaran Software Reliasoft Weibull untuk Flow Valve 60B**

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	72,4563867
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,8400679
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	3,69318793
2	Lognormal	3,42834929

**2. Steam Drum D-110211****Table A13. Perhitungan TTF dan TTR Steam Drum D-110211**

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	15/03/2010 (07:00)	15/03/2010 (15:00)	0	8
2	21/06/2011 (07:00)	21/06/2011 (15:00)	11112	8
3	04/10/2011 (07:00)	04/10/2011 (14:00)	2520	7
4	02/02/2012 (08:00)	02/02/2012 (13:00)	2904	5
5	05/03/2013 (07:00)	05/03/2013 (13:00)	9528	6
6	28/10/2013 (08:00)	28/10/2013 (13:00)	5688	5
7	03/08/2015 (07:00)	03/08/2015 (15:00)	15456	8
8	08/12/2015 (08:00)	08/12/2015 (14:00)	3048	6
9	29/12/2015 (08:00)	29/12/2015 (13:00)	504	5
Jumlah			50760	58
Rata-Rata			5640	6,44

**Table A14.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Steam Drum D-110211*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
3	Exponential 1	9,4081771
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	4,7637828
5	Weibull 3	DISCARD
2	Normal	1,8032286
4	Lognormal	13,396542

**a. Temperature Transmitter 601**

**Table A15.** Perhitungan TTF dan TTR *Temperature Transmitter 601*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	31/03/2010 (07:00)	31/03/2010 (15:00)	0	8
2	31/05/2011 (08:00)	31/05/2011 (15:00)	10224	6
3	28/02/2013 (07:00)	28/02/2013 (13:00)	15336	7
4	31/12/2015 (07:00)	31/12/2015 (15:00)	24864	8
Jumlah			50424	29
Rata-Rata			12606	7,25

**Table A16.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Temperature Transmitter 601*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	33,1807252
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,25418329
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	0,4684862
2	Lognormal	0,19335336

**b. Level Transmitter 611**

**Table A17.** Perhitungan TTF dan TTR *Level Transmitter 611*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	11/08/2010 (07:00)	11/08/2010 (15:00)	0	8
2	26/01/2012 (07:00)	26/01/2012 (15:00)	12792	8
3	21/11/2012 (08:00)	21/11/2012 (13:00)	7200	5
4	26/11/2013 (08:00)	26/11/2013 (13:00)	8880	5
5	11/07/2014 (07:00)	11/07/2014 (15:00)	5448	8
6	16/11/2015 (08:00)	16/11/2015 (12:00)	11832	4
Jumlah			46152	38
Rata-Rata			7692	6,33

**Table A18.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Level Transmitter 611*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	80,3667597
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,060284
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	0,077274
2	Lognormal	0,0044486

**c. Pressure Transmitter 610**

**Table A19.** Perhitungan TTF dan TTR *Pressure Transmitter 610*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	31/03/2010 (07:00)	31/03/2010 (15:00)	0	8
2	31/05/2011 (07:00)	31/05/2011 (15:00)	10224	8
3	28/02/2013 (08:00)	28/02/2013 (13:00)	15336	5
4	31/12/2015 (08:00)	31/12/2015 (14:00)	24864	6
Jumlah			50424	27
Rata-Rata			12606	6,75

**Table A20.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk Pressure Transmitter 610

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	33,1807252
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,25418329
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	0,4684862
2	Lognormal	0,19335336

**d. Temperature Transmitter 610**

**Table A21.** Perhitungan TTF dan TTR *Temperature Transmitter 610*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	22/04/2010 (08:00)	22/04/2010 (13:00)	0	5
2	07/03/2011 (07:00)	07/03/2011 (15:00)	7656	8
3	08/07/2013 (08:00)	08/07/2013 (14:00)	20496	6
4	03/07/2014 (07:00)	03/07/2014 (15:00)	8640	8
5	10/11/2015 (08:00)	10/11/2015 (13:00)	11880	5
Jumlah			48672	32
Rata-Rata			9734,4	6,4

**Table A22.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk Temperature Transmitter 610

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	62,212804
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	1,50769096
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	3,94991222
2	Lognormal	1,98918232



**e. *Temperature Transmitter 611***

**Table A23.** Perhitungan TTF dan TTR *Temperature Transmitter 611*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	22/04/2010 (08:00)	22/04/2010 (15:00)	0	7
2	07/03/2011 (07:00)	07/03/2011 (15:00)	7656	8
3	08/07/2013 (07:00)	08/07/2013 (16:00)	20496	9
4	29/06/2015 (07:00)	29/06/2015 (15:00)	17304	8
5	10/11/2015 (07:00)	10/11/2015 (16:00)	3216	9
Jumlah			48672	41
Rata-Rata			9734,4	8,2

**Table A24.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Temperature Transmitter 611*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	51,1683931
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	1,15387749
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	2,67282057
2	Lognormal	1,28351626

**f. *Pressure Safety Valve 610A***

**Table A25.** Perhitungan TTF dan TTR *PSV 610A*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	18/01/2010 (07:00)	18/01/2010 (15:00)	0	8
2	12/01/2012 (08:00)	12/01/2012 (14:00)	17376	5
3	09/01/2013 (07:00)	09/01/2013 (13:00)	8712	6
4	25/03/2015 (07:00)	25/03/2015 (13:00)	19320	6
Jumlah			45408	25
Rata-Rata			11352	6,25

**Table A26.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Pressure Safety Valve 610A*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	33,1108286
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,70819207
5	Weibull 3	DISCARD
2	Normal	0,82240092
3	Lognormal	1,717871

**g. *Pressure Safety Valve 610B***

**Table A27.** Perhitungan TTF dan TTR *Pressure Safety Valve 610B*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	18/01/2010 (07:00)	18/01/2010 (15:00)	0	8
2	12/01/2012 (08:00)	12/01/2012 (14:00)	8616	5
3	09/01/2013 (07:00)	09/01/2013 (13:00)	24912	6
4	25/03/2015 (07:00)	25/03/2015 (13:00)	11880	7
Jumlah			45408	26
Rata-Rata			11352	6,5

**Table A28.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Pressure Safety Valve 610B*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	24,1880619
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,58403012
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	1,31015903
2	Lognormal	0,66189272

### **h. Level Transmitter 61-A-B-C**

**Table A29.** Perhitungan TTF dan TTR *LT 61A-B-C*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	01/07/2010 (08:00)	01/07/2010 (14:00)	0	6
2	13/10/2011 (08:00)	13/10/2011 (15:00)	11256	7
3	13/10/2012 (08:00)	13/10/2012 (12:00)	8784	4
4	13/10/2013 (07:00)	13/10/2013 (15:00)	8760	8
5	26/11/2015 (08:00)	26/11/2015 (13:00)	18576	5
Jumlah			47376	30
Rata-Rata			9475,2	6

**Table A30.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Level Transmitter 61A-B-C*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	76,7722671
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	3,69947794
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	7,39829957
2	Lognormal	6,00885216

### **3. Superheater E-11022**

**Table A31.** Perhitungan TTF dan TTR Level *Superheater E-11022*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	06/06/2010 (07:00)	06/06/2010 (15:00)	0	8
2	03/01/2011 (07:00)	03/01/2011 (16:00)	5064	9
3	11/02/2012 (08:00)	11/02/2012 (15:00)	9696	7
4	11/08/2013 (07:00)	11/08/2013 (15:00)	13128	8
5	03/02/2014 (08:00)	03/02/2014 (15:00)	4224	7

**Table A31. Lanjutan**

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
6	20/12/2015 (07:00)	20/12/2015 (19:00)	16440	12
Jumlah			48552	51
Rata-Rata			8092	8,5

**Table A32.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Superheater E-11022*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	47,8642327
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,3380367
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	0,96350942
2	Lognormal	0,12356737

**a. Temperature Transmitter 613****Table A33.** Perhitungan TTF dan TTR *Temperature Transmitter 613*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	22/04/2010 (08:00)	22/04/2010 (13:00)	0	5
2	07/03/2011 (07:00)	07/03/2011 (15:00)	7656	8
3	29/02/2012 (08:00)	29/02/2012 (13:00)	8616	5
4	08/07/2013 (08:00)	08/07/2013 (14:00)	11880	6
5	03/07/2014 (08:00)	12/08/2015 (13:00)	18360	5
Jumlah			46512	29
Rata-Rata			9302,4	5,8

**Table A34.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Temperature Transmitter 613*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	67,9174427
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	1,23801701
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	2,98135219
2	Lognormal	1,49999733

**b. *Temperature Transmitter 614***

**Table A35.** Perhitungan TTF dan TTR *Temperature Transmitter 614*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	22/04/2010 (08:00)	22/04/2010 (14:00)	0	6
2	27/08/2012 (08:00)	27/08/2012 (13:00)	20592	5
3	03/07/2014 (08:00)	03/07/2014 (14:00)	16200	6
4	10/11/2015 (08:00)	10/11/2015 (12:00)	11880	4
Jumlah			48672	21
Rata-Rata			12168	5,25

**Table A36.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Temperature Transmitter 614*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	54,580851
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,13529566
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	0,13455816
2	Lognormal	0,068795

**c. *Temperature Transmitter 615***

**Table A37.** Perhitungan TTF dan TTR *Temperature Transmitter 615*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	22/04/2010 (07:00)	22/04/2010 (15:00)	0	8
2	07/03/2011 (07:00)	07/03/2011 (15:00)	7656	8
3	27/08/2012 (08:00)	27/08/2012 (13:00)	12936	5
4	08/07/2013 (08:00)	08/07/2013 (14:00)	7560	6
5	29/06/2015 (08:00)	29/06/2015 (13:00)	17304	5
Jumlah			45456	32
Rata-Rata			9091,2	6,4

**Table A38.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Temperature Transmitter 615*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	69,060622
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	1,83786426
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	3,22025791
2	Lognormal	2,35955116

**d. *Flow Transmitter 610***

**Table A39.** Perhitungan TTF dan TTR *Flow Transmitter 610*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	12/04/2010 (07:00)	12/04/2010 (15:00)	0	8
2	05/01/2012 (08:00)	05/01/2012 (14:00)	15192	6
3	14/05/2013 (08:00)	14/05/2013 (13:00)	11880	5
4	21/09/2015 (07:00)	21/09/2015 (14:00)	20640	7
Jumlah			47712	26
Rata-Rata			11928	6,5

**Table A40.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Flow Transmitter 610*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	55,6140048
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,27059317
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	0,37374707
2	Lognormal	0,21319835

**e. Pressure Transmitter 611**

**Table A41.** Perhitungan TTF dan TTR *Pressure Transmitter 611*

No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	31/03/2010 (07:00)	31/03/2010 (15:00)	0	8
2	31/05/2011 (07:00)	31/05/2011 (15:00)	10224	8
3	28/02/2013 (08:00)	28/02/2013 (13:00)	15336	5
4	31/12/2015 (08:00)	31/12/2015 (14:00)	24864	6
Jumlah			50424	27
Rata-Rata			12606	6,75

**Table A42.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Pressure Transmitter 611*

Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	33,1807252
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,25418329
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	0,4684862
2	Lognormal	0,19335336

**f. *Temperature Transmitter 616***

**Table A43.** Perhitungan TTF dan TTR *Temperature Transmitter 616*

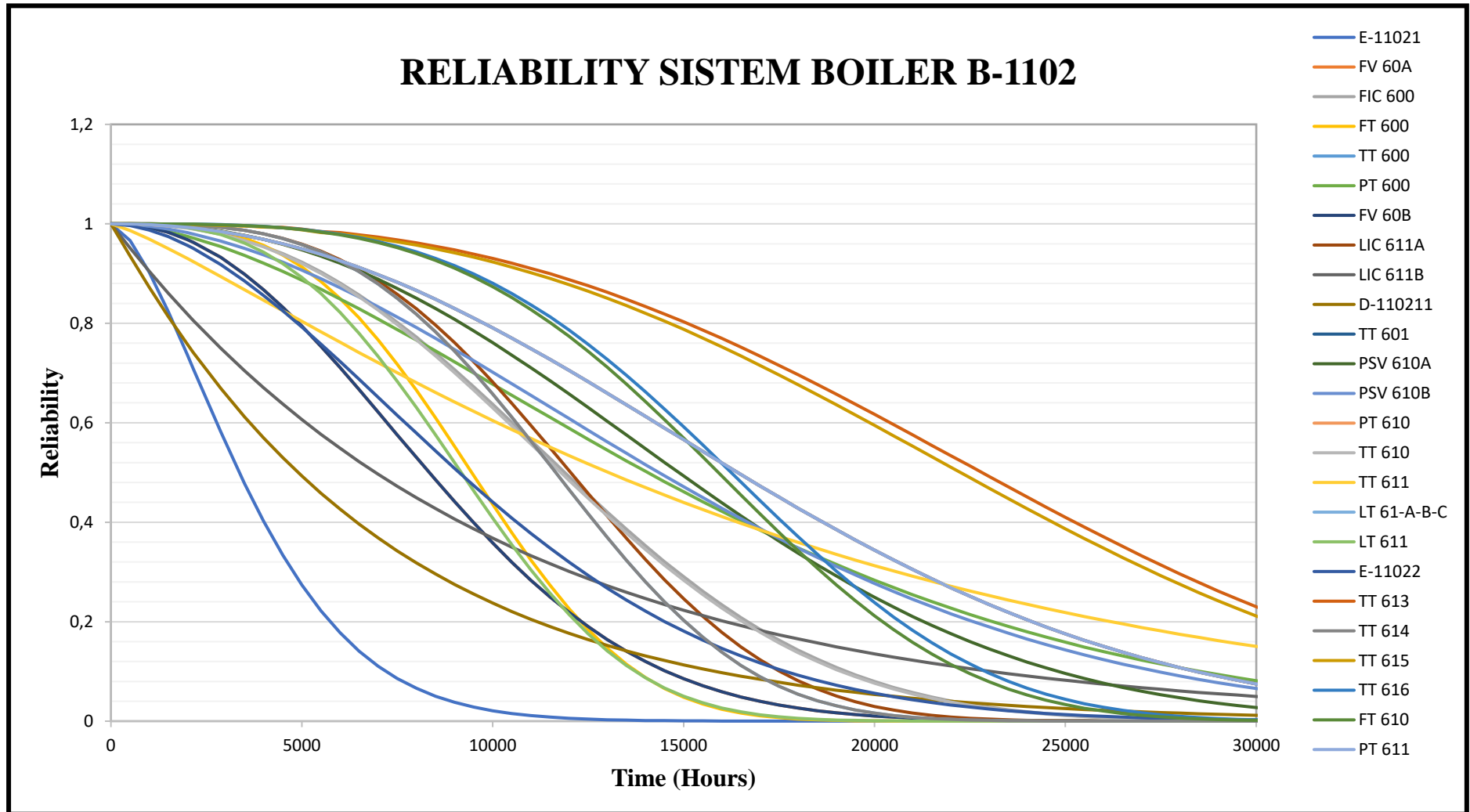
No	Actual Start	Actual Completion	TTF (hours)	TTR (hours)
1	22/04/2010 (08:00)	22/04/2010 (14:00)	0	6
2	27/08/2012 (08:00)	27/08/2012 (15:00)	20592	7
3	03/07/2014 (08:00)	03/07/2014 (14:00)	16200	6
4	10/11/2015 (08:00)	10/11/2015 (15:00)	11880	7
Jumlah			48672	26
Rata-Rata			12168	6,5

**Table A44.** Hasil Keluaran *Software Reliasoft Weibull* untuk *Temperature Transmitter 616*

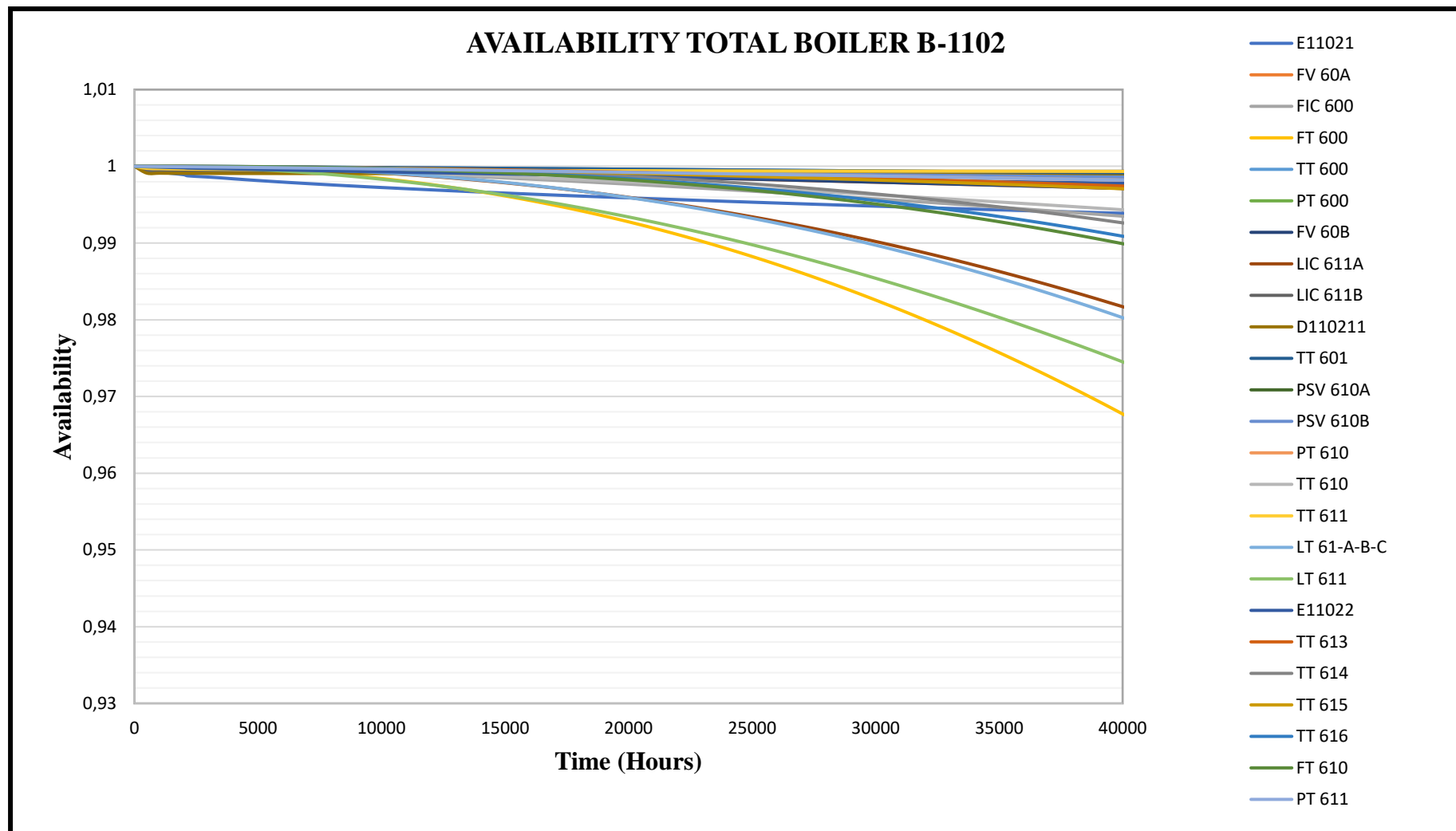
Rank	DISTRIBUTION	AvGOF
4	Exponential 1	54,580851
5	Exponential 2	DISCARD
1	Weibull 2	0,13529566
5	Weibull 3	DISCARD
3	Normal	0,13455816
2	Lognormal	0,068795



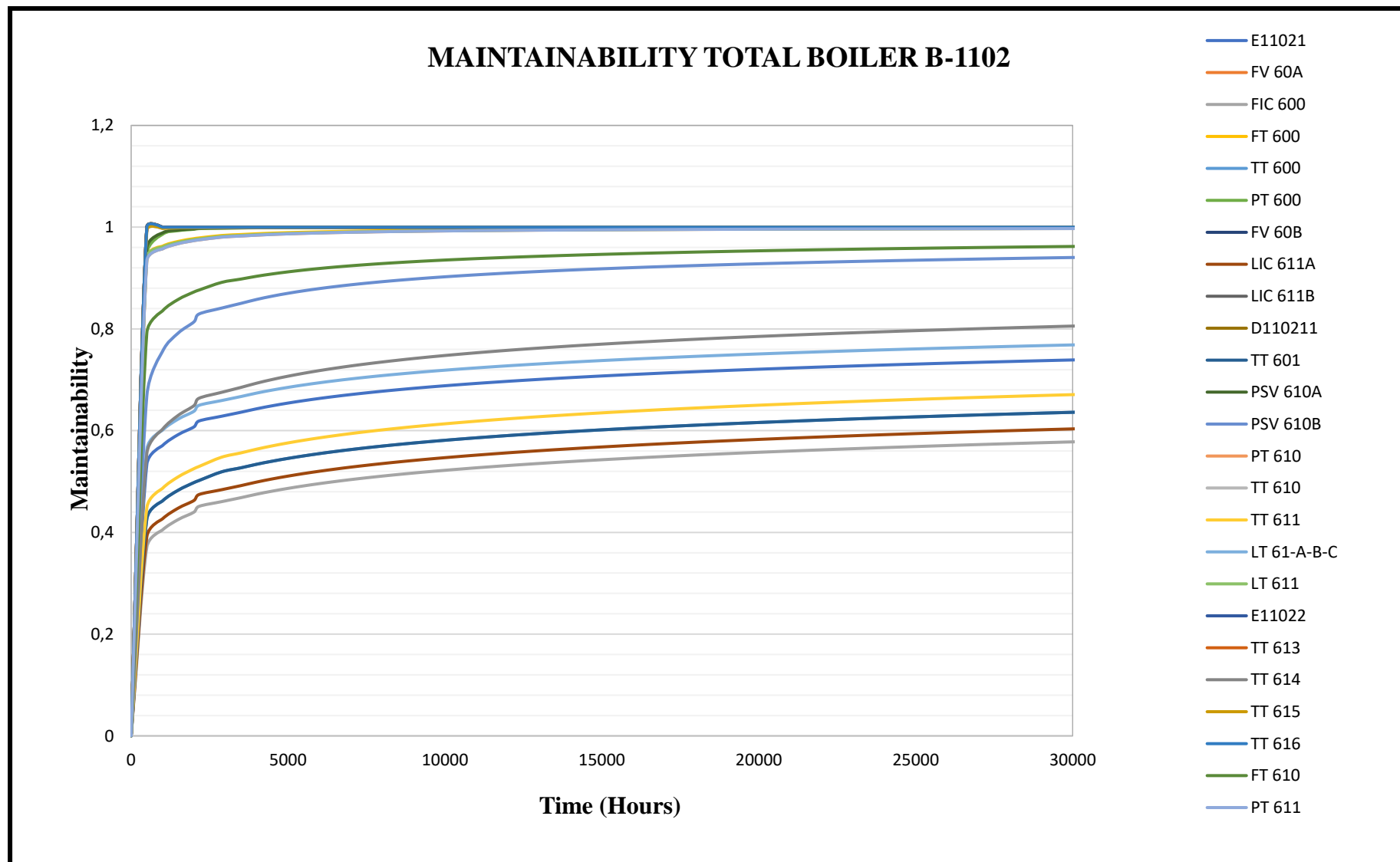
## LAMPIRAN D



**Gambar D1.** Reliability total system boiler B-1102



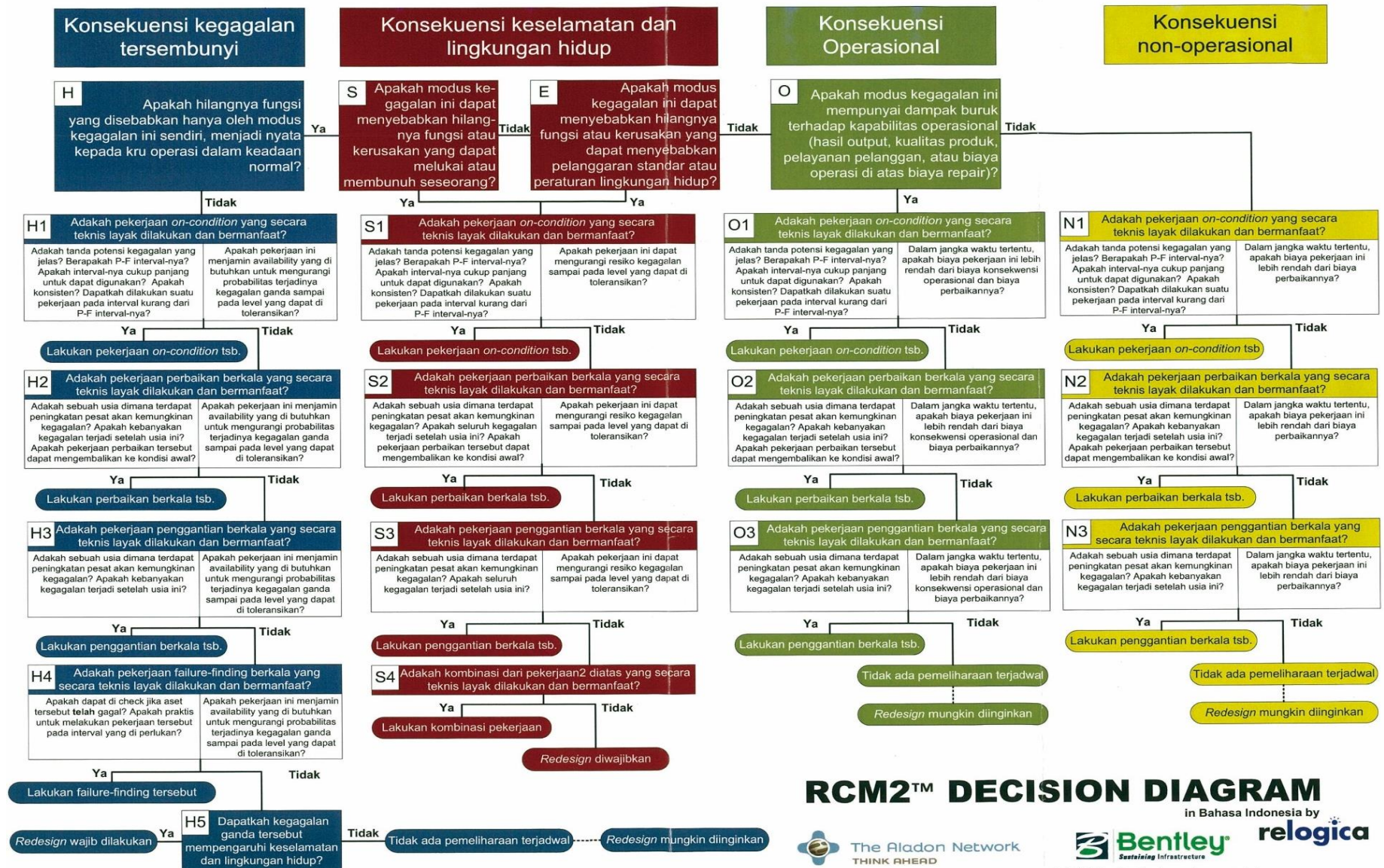
**Gambar D2.** Availability total system boiler B-1102



**Gambar D3.** Maintainability total system boiler B-1102

## LAMPIRAN E

### Decision Diagram RCM II



## Lampiran F

### FMEA SISTEM Boiler B-1102

Main Komponen	Function	Function failure		Failure mode		Failure effect
E-11021	Memanaskan Feed Water sebelum masuk Steam Drum, economizer dioperasikan pada temperatur 167,5 °C -173,9 °C.	1A	Tidak dapat memanaskan Feed Water sampai temperatur 167,5 °C -173,9 °C.	1A1	Tube Economizer bocor akibat Korosi Impingment	Fluida feed water tidak dapat terpanaskan secara maksimal. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan dan penggantian material U-bend
				1A2	Flow Valve FV (60A/60B) abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Flow valve tidak dapat membuka penuh sehingga aliran feed water ke economizer akan berkurang sehingga mempengaruhi kinerja economizer dalam memanaskan fluida sebelum ke steam drum. operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pada flow valve.
				1A3	Temperature Transmitter 600 abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Temperature Transmitter tidak dapat membaca suhu dengan baik (abnormal) pada feed water sehingga mempengaruhi kinerja economizer dalam memanaskan fluida. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pada Temperature transmitter.

				1A4	Pressure Transmitter 600 abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Pressure Transmitter tidak dapat membaaca tekanan dengan baik (abnormal) pada feed water sehingga mempengaruhi kinerja economizer dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pressure transmitter.
				1A5	Flow Transmitter 600 abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Flow Transmitter tidak dapat membaaca tekanan (abnormal) dengan baik pada tubing economizer sehingga mempengaruhi kinerja dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan flow transmitter.
D-110211	Untuk Memisahkan fluida steam dan fluida cair. Boiler drum beroperasi pada temperatur 263°C dan pada tekanan 43,7 kg/cm <sup>2</sup>	2A	Tidak dapat memisahkan steam dan feed water pada temperatur 263°C dan pada tekanan 43,7 kg/cm <sup>2</sup>	2A1	Demister Pad / hold down mesh sobek	Kondisi steam basah karena Fluida feed water tidak dapat terpanaskan secara maksimal, Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan dengan shutdown Boiler.
				2A2	LT 611 Tidak dapat mengindikasikan Level steam drum front side	Level Transmitter tidak dapat membaaca ketinggian level fluida dalam steam drum front side dengan baik (abnormal) sehingga mempengaruhi kinerja dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan Level Transmitter.

				2A3	LT 61 A-B-C Tidak dapat mengindikasikan Level steam drum rear side	Level Transmitter tidak dapat membaaca ketinggian level fluida dalam steam drum rear side dengan baik (abnormal) sehingga mempengaruhi kinerja dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan Level Transmitter.
				2A4	Pressure Safety Valve 610A/610B abnormal (tidak dapat bekerja dengan baik)	Pressure Safety Valve pada steam drum tidak dapat membuka penuh sehingga pressure pada steam drum meningkat dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pressure Pressure Safety Valve
E-11022	Meningkatkan temperatur steam high pressure. Superheater dioperasikan pada temperatur 472°C dan pada tekanan 43,7 kg/cm <sup>2</sup>	3A	tidak dapat meningkatkan temperature high pressure Steam pada temperature 472°C dan pada tekanan 43,7 kg/cm <sup>2</sup>	3A1	Tube Superheater bocor	Steam dari Steam Drum tidak dapat terpanaskan secara maksimal sehingga tidak dapat menghasilkan <i>steam</i> yang benar-benar kering. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pada tube superheater.
				3A2	Temperature Transmitter 613/614/615/616 abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Temperature Transmitter tidak dapat membaaca suhu dengan baik (abnormal) pada leakage sehingga mempengaruhi kinerja superheater dalam memanaskan kembali steam dari steam drum. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pada Temperature transmitter.

				3A3	Pressure Transmitter 611 abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Pressure Transmitter tidak dapat membaaca tekanan dengan baik (abnormal) pada leakage sehingga mempengaruhi kinerja superheater dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan pressure transmitter.
				3A4	Flow Transmitter 610 abnormal (tidak dapat berfungsi dengan baik)	Flow Transmitter tidak dapat membaaca tekanan dengan baik (abnormal) pada leakage sehingga mempengaruhi kinerja superheater dan dapat menyebabkan sistem trip. Operator cek opening di DCS dan lapangan. Tidak ada dampak SHE. Dilakukan perbaikan flow transmitter.



## DECISION WORKSHEET

RCM Reference			Condequence Evaluation				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Default Task			Recommendation Action	Frequency	operation condition
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y					<i>Do the scheduled restoration task</i>	1 tahun (Shut Down)	
1	A	2	Y	N	N	Y	N	Y					<i>Do the scheduled restoration task</i>	3 bulan	
1	A	3	Y	N	N	Y	Y						<i>Do on condition task</i>	1 bulan	
1	A	4	Y	N	N	Y	Y						<i>Do on condition task</i>	1 bulan	
1	A	5	Y	N	N	Y	Y						<i>Do on condition task</i>	1 bulan	
2	A	1	Y	N	N	Y	N	Y					<i>Do the scheduled restoration task</i>	1 tahun (Shut Down)	
2	A	2	Y	N	N	Y	N	N	Y				<i>Do the scheduled discard task</i>	6 bulan	
2	A	3	Y	N	N	Y	N	N	Y				<i>Do the scheduled restoration task</i>	6 bulan	
2	A	4	Y	Y			N	N	Y				<i>Do the scheduled discard task</i>	6 bulan	
3	A	1	Y	N	N	Y	N	Y					<i>Do the scheduled discard task</i>	1 tahun (Shut Down)	
3	A	2	Y	N	N	Y	Y						<i>Do on condition task</i>	1 bulan	
3	A	3	Y	N	N	Y	Y						<i>Do on condition task</i>	1 bulan	
3	A	4	Y	N	N	Y	Y						<i>Do on condition task</i>	1 bulan	

## BIODATA PENULIS



Terlahir di Bojonegoro, pada 02 April 1993. Penulis memiliki nama lengkap **Mochamad Wahyu Dono**, merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Menempuh pendidikan formal di SDN Sumberarum 1, SMPN 3 Bojonegoro, dan SMAN 3 Bojonegoro. Setelah lulus dari bangku SMA, lanjut ke jenjang perguruan tinggi di D3 Otomasi Sistem Instrumentasi

Universitas Airlangga sebelum akhirnya melanjutkan ke S1 Teknik Fisika ITS. Penulis aktif dalam kegiatan mahasiswa, khususnya pada bidang Pencak silat. Pada pengerjaan tugas akhir, penulis melakukan penelitian dengan judul “ *Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Sistem Boiler B-1102 di Pabrik I PT. Petrokimia Gresik*”.